

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie

Vliv čistoty podkladu na adhezi povlaku

Influence of Cleanness Substrate on Adhesion of Coating

Student: Martin Štencel

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.

Ostrava 2015

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

Zadání bakalářské práce

Student: **Martin Štencel**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie
Téma: **Vliv čistoty podkladu na adhezi povlaku**
Influence of Cleanness Substrate on Adhesion of Coating

Zásady pro vypracování:

1. Prostudujte mechanismus adheze povlaku ke kovovému podkladu.
2. Prostudujte mechanismus znečištění povrchu kovového podkladu.
3. Navrhněte ochranný povlak a jeho technologii aplikace na znečištěný povrch.
4. Navrhněte metodiku experimentálních prací.
5. Proveďte experimentální zkoušky a jejich vyhodnocení.
6. Zpracujte technickou zprávu.

Seznam doporučené odborné literatury:

MOHYLA, M.: *Technologie povrchových úprav kovů*. Učební texty VŠB – TU Ostrava, 2006. 3. vydání. 156 s. ISBN 80-248-1217-7.

BROCK, T., GROTEKLAES, M., MISCHKE, P.: *European Coating Handbook*. Vincentz Verlag, Hannover, Germany, 2000. 410 s. ISBN 3-87870-559-X.

ČSN EN ISO 12 944. *Protikorozní ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy*. Český normalizační institut, 1998, 1999, 2008.

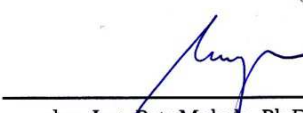
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.**


Datum zadání: 12.12.2014

Datum odevzdání: 18.05.2015





doc. Ing. Petr Mohyla, Ph.D.
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.



.....

V Ostravě dne 15. 5. 2015

Podpis studenta

Prohlašuji, že

- Celou diplomovou práci včetně příloh, jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.
- Byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).



Podpis studenta

V Ostravě dne 15. 5. 2015

Jméno a příjmení studenta:

Martin Štencel

Adresa trvalého pobytu studenta:

Dvořákova 564/6; Mohelnice 789 85

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

ŠTENCL, M. *Vliv čistoty povrchu na adhezi povlaku*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2015, 68 s. Vedoucí práce: doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.

Bakalářská práce se zabývá vlivem znečištěním povrchu na adhezi povlaku. Teoretickou část tvoří vysvětlení pojmů týkajících se této problematiky: je definován povrch, povlak, jeho druhy a způsoby nanášení. Dále znečištění povrchu, způsoby jeho čištění, princip, zkoušky a měření adheze. V praktické části je proveden experiment zkoumající vliv zaprášení podkladu na adhezi nátěrového systému, ten je nanesen na tři druhy podkladů a to zinkový, hliníkový a ocel standard. Je sledováno jaký vliv má prach a podklad na přilnavost nátěrového systému. Adheze je zkoušena mřížkovou a křížovou metodou. Výsledky na zaprášených podkladech jsou srovnány s výsledky na podkladech očištěných odmaštěním.

Klíčová slova: *Povlak, adheze, podklad*

BACHELOR'S THESIS ABSTRACT

ŠTENCL, M. *Influence of Cleanness Substrate on Adhesion of Coating*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2015, 68 p. Thesis head: doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.

This bachelor's work deal witch influence on the pollution of surface on adhesion coating. The theoretical part is created by explanations of concepts that applies to these problems: there is definition on surface, coating and its types and its forms. Next problems are pollution of surface, forms of its cleaning, principle, testing and measuring of adhesion. The practical part of the exam carries out a experiment examining influence of dusty substrate on adhesion coating system. The system is applied on three types of substrate, and these are: zing, aluminum and steel standard. The observations are made about how much influence has dust and substrate on adhesion of coating system. Adhesion is tested witch lattice and cross methods. Results on dusty substrate are compared witch results on substrate cleaned by degreasing.

Key words: *Coating, Adhesion, Substrate*

Obsah

Seznam použitých značek, zkratek a symbolů	- 7 -
Úvod:.....	- 8 -
Teoretická část:.....	- 9 -
1. Povrch.....	- 9 -
2. Povlak	- 10 -
2.1. Důvod povlakování.....	- 10 -
2.2. Druhy povlaků	- 11 -
3. Adheze povlaku k podkladu	- 22 -
3.1. Faktory ovlivňující adhezi povlaku:	- 22 -
4. Znečištění povrchu kovu:.....	- 25 -
4.1. Metoda snímání samolepící páskou	- 26 -
5. Způsoby čištění	- 28 -
5.1. Čištění chemické	- 28 -
5.2. Čištění mechanické	- 30 -
6. Měření a zkoušky povlaku	- 31 -
6.1. Přehled základních adhezních zkoušek:.....	- 32 -
6.2. Základní metody měření tloušťky povlaku	- 35 -
Praktická část:	- 36 -
7. Návrh metodiky experimentální práce:.....	- 36 -
8. Metodika experimentální práce.....	- 37 -
8.1. Výběr vzorků.....	- 37 -
8.2. Příprava vzorků před nanesením n.s.....	- 37 -
8.3. Návrh a aplikace nátěrového systému	- 46 -
8.4. Měření po zaschnutí a vytvrzení nátěrového systému.....	- 46 -
Závěr:.....	- 63 -
Literatura:	- 64 -
Seznam obrázků	- 66 -
Seznam tabulek	- 67 -
Seznam grafů	- 68 -

Seznam použitých značek, zkratek a symbolů

Znak	Význam
ČSN	Česká státní norma
EN	Evropská norma
ISO	Mezinárodní norma
Ra	Průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu [μm]
Rp	Největší výška výstupku profilu [μm]
Rq	Kořenová průměrná čtvereční odchylka profilu [μm]
Ry	Nejvyšší výška nerovnosti povrchu [μm]
Rz	Maximální výška profilu [μm]
Rku	Špičatost posuzovaného profilu [-]
Rsk	Šikmost posuzovaného profilu [-]
λ_c	Filtr profilu, který vymezuje rozhraní mezi složkami drsnosti a vlnitosti [-]
L	Délka měřeného úseku [mm]
n.s.	Nátěrový systém
C	Uhlík
Mn	Mangan
Si	Křemík
P	Fosfor
S	Síra
N	Dusík
Al	Hliník
Zn	Zinek
pH	Stupnice kyselosti [-]
n	Počet měřených míst [-]
y	Výška nerovnosti profilu povrchu od střední čáry [μm]

Úvod:

Povrchové úpravy jsou skupina technologických operací ošetřující povrch materiálů. Tato skupina je zásadní, nejedná se jen o nějaké drobné zlepšení funkce předmětu ale o nezanedbatelnou operaci měnící významným způsobem užité vlastnosti a vzhled. Na důležitosti povrchových úprav přispívá i fakt, že co se týká samotných materiálů, tak jejich vývoj je již téměř na špičce a jejich další zlepšování spočívá právě v povrchových úpravách, zejména pak v povlacích, kterými se tato práce zabývá.

Hlavním problémem pro úspěšné nanesení povlaku na kov jsou nečistoty na něm usazené. Ty snižují schopnost přilnutí povlaku k podkladu. Je žádoucí tyto nečistoty odstraňovat, nikdy je však nelze odstranit úplně a proto by se jim měl přizpůsobovat jak povlak, tak jeho technologie nanesení.

Bakalářská práce se zabývá nanášením povlaku na prachem znečištěné povrchy a sledování vlivu míry znečištění na jeho kvalitu, především pak adhezi, zjištěnou pomocí mřížkové nebo křížové zkoušky.

Teoretická část:

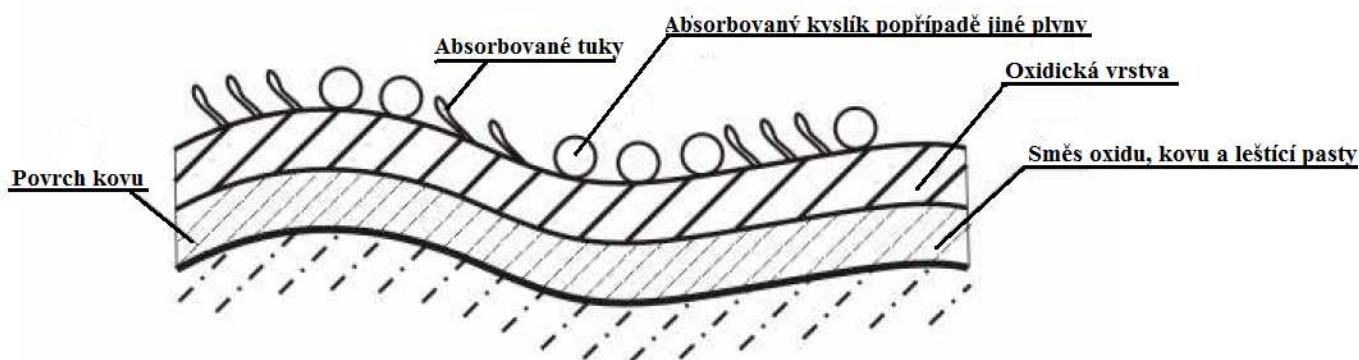
1. Povrch

Povrch je fázové rozhraní tvořící hranici mezi základním materiálem a vnějším okolím, je to tedy jakási obálka makroskopického objektu. Závisí na něm mnoho vlastností, které se dají pomocí jeho úpravy vylepšovat – jedná se například o korozivzdornost, drsnost, odolnost proti mechanickému namáhání, lesk, emise aj. Těchto vlastností lze dosáhnout buď úpravou současného povrchu mechanickými metodami jako je broušení, leštění, otryskávání nebo vytvořením nového, umělého povrchu s vhodnými vlastnostmi. Umělému povrchu se říká povlak.

Čím je předmět objemnější, tím menší je poměr plochy (povrchu) k celkovému objemu. Proto je důležitější dbát na povrch u méně objemných předmětů, kde se jejich povrch projevuje jako zásadnější.

Žádný povrch není dokonale čistý ani rovný. Vždy na něm budou usazené různé nečistoty (tuky, plyny,...) a jeho profil bude brázditý.

Charakter povrchu závisí na způsobu jeho opracování. Nerovnoměrnosti vznikají vzájemnou interakcí nástroje s obrobkem a to především u třískového obrábění, které po sobě zanechá na povrchu typické zvlnění a rýhy. Dalším důvodem je vliv vnějších sil a prostředí.



Obr. 1 – Opticky vyleštěný povrch polykrystalického vzorku [16]

2. Povlak

Povlak je vrstva (jedna nebo více na sobě) která pokrývá povrch materiálu za účelem zlepšení mechanických či jiných vlastností povrchu. Tloušťka povlaku se pohybuje od několika mikrometrů až po milimetry.

Povlaky se musí uchytit a přilnout na chráněný povrch, proto je důležitá jejich přilnavost. Ta musí být uspokojivá po celou dobu životnosti povlaku. Uchycení povlaku také zajišťuje čistota a charakter povrchu. Obecně platí, že čím je povrch čistější a čím má lepší kotevní profil (vhodná drsnost povrchu potřebná pro uchycení povlaku), lépe tak přijme povlak. K očištění a vytváření kotevního profilu slouží různé mechanické a chemické úpravy.

2.1. Důvod povlakování

Povlaky se nanášejí na materiály pro různé účely, například jako ochrana proti vnějším vlivům nebo pro změnu povrchových vlastností či vzhledu. Nejrozšířenější použití je jako ochrana proti korozi (založená na bariérovém způsobu), dále pro vylepšení vlastností řezných nástrojů a na dekorativní účely.

U řezných nástrojů jako jsou frézy, soustružnické nože či vrtáky povlaky zajišťují vyšší využitelnost, životnost, zvýšení řezných parametrů, minimalizují potřebu zavedení procesních kapalin a dokonce bez povlakovaných nástrojů nelze obrábět některé materiály, jako jsou superslitiny. Aplikací povlaku na nástroj se získá [1]:

- Bariéru proti vnikání tepla do nástroje,
- menší odpor při obrábění díky kluznosti povlaku vzniká,
- zamezení vzniku nárůstku a nalepování materiálu,
- lepší odchod třísky,
- ochrana před abrazí.

Pro ochranu materiálu před korozí se nejčastěji používají právě povlaky, které fungují jako bariéra mezi fázovými rozhraními (chráněný materiál – prostředí). Účinnost povlaku závisí na jeho pórovitosti (čím větší, tím více propustí korozního prostředí), přilnavosti k podkladu, odolnosti na prostředí a lze ji zvýšit použitím více vrstevného povlakování nebo přidáním inertních částic. [2]

2.2. Druhy povlaků

Druhů povlaku je celá řada. Podle charakteru složení se povlaky rozdělují na tři základní skupiny [11]:

- Organické povlaky
- Anorganické nekovové povlaky a vrstvy
- Anorganické povlaky

2.2.1. Organické povlaky

Jedná se především o nátěrové hmoty a plasty, které chrání podklad bariérovým, popřípadě i inhibičním způsobem, tj. potlačení koroze vlivem látek obsažených v nátěru.

a) Organické povlaky z nátěrových hmot

Ochrana podkladu nátěrovými hmotami je nejrozšířenější, levný, jednoduchý a snadno dostupný způsob povlakování. Většina nanesených povlků jsou právě tyto hmoty (80 až 90% všech povlaků). Lze je použít na tvarově náročné i rozměrné předměty. Poškozený povlak se snadno opravuje (nejčastěji dalším přetřením poškozeného místa). Aplikují se nejčastěji jako ochrana proti korozi. Podklad chrání bariérovým způsobem. Nátěrové hmoty jsou pórovité. Póry se však koroze dostává pod povlak na základní materiál. K zabránění tomuto jevu se do hmot mohou přidat inhibiční látky zpomalující korozní rychlost. Dalším důvodem použití je ochranný účinek proti otěru, ohni, vibracím, větru, oleji či mořské vodě. Nátěry se ale nepoužívají jen jako ochrana ale i pro jiné specifické účely, například pro signalizační, maskovací, dekorativní nebo elektrovedivý účel.

Základní rozdělení organických povlaků podle charakteristických vlastností:

- Transparentní – průhledný až průsvitný nátěr.
- Pigmentové – tvoří zpravidla neprůhledný nátěr a vznikají rozptýlením pigmentů v transparentních pojivech.

Základními složkami nátěrových hmot jsou [11]:

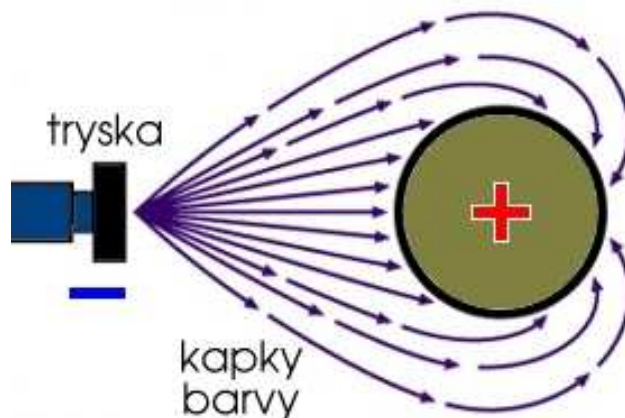
- Pojidlo – nejdůležitější součást, podle pojidla má nátěrová hmota charakteristické fyzikální vlastnosti. Je složeno z rozpouštědel a filmotvorných látek. Rozpouštědlo slouží k udržení nátěrové hmoty v tekutém stavu a upravuje viskozitu, dokud se neaplikuje na podklad, pak se má rozpouštědlo odpařit a způsobit tak „zaschnutí“ nátěru. Nejběžnější jsou například toulén, aceton, lehký benzin, benzen. Filmotvorná látka, po odloučení od rozpouštědla, vytváří tuhý film na podkladu a je rozhodujícím prvkem ovlivňující vlastnosti povlaku. Jedná se o přírodní pryskyřice, vysychavé oleje, asfalty, smoly, aj.
- Pigment – práškový materiál, dodávající barevný odstín, kryvost, pevnost a chemickou odolnost. Je buď organický, nebo anorganický a dělí se podle funkce ochrany před korozi na inhibiční (zpomalují korozi), neutrální (korozi neovlivňují) a stimulační (korozi zrychlují). Nejčastěji je pigment v podobě oxidu nebo různých solí kovů.
- Plnidlo – rozemletý minerál, lze jím příznivě ovlivňovat kryvost, ovlivnit konzistenci barvy, barevný odstín a technologické vlastnosti (například zabránění smrsknutí filmu po zaschnutí). Jedná se o nadrcenou křídou, kaolín, mastek, aj.
- Aditivum – přísada, kterou lze přidávat nebo upravovat různé technologické a fyzikální vlastnosti nátěru, jako aditivum lze přidat do nátěrové hmoty různé nemrznoucí směsi, sušidla, zpomalovače schnutí, konzervační látky, emulgátory, stabilizátory a další.

Před nanesením organického povlaku je nutné připravit podklad. Nečistoty jako mastnoty, staré nátěry či prach mohou poškodit nátěr a snížit jeho kvalitu, to se však často projeví až časem, kdy se povlak začne odlupovat. Odhaduje se, že 70% poškozených organických nátěrů vzniklo právě vinou nesprávně očištěného povrchu. Dále je nutno odstranit korozi, neboť ta by se dále rozrůstala pod povlakem.

Způsoby nanášení povlaků [11]:

- Ručním nanášením – nejčastější způsob díky své jednoduchosti a všestrannosti, používá se štětec nebo váleček, velkou výhodou jsou malé ztráty a vtlačení nátěru do pórů předmětu (tím získá nátěr větší přilnavost). Velkou úlohu hraje ruční nanášení i u opravných nátěrů. Nevýhodou ale je značná doba natírání, malá produktivita a nemožnost automatizace.
- Pneumatickým stříkáním – klasická technologie nanášení, kdy se stříkácí pistolí, pomocí stlačeného vzduchu, rozprašujeme nátěr na předmět. Je to velmi produktivní způsob a lze ho provádět buď ručně (výkon až $60 \text{ m}^2 \cdot \text{h}^{-1}$), nebo automatizovaně (výkon až $200 \text{ m}^2 \cdot \text{h}^{-1}$). Z důvodu hygieny se většinou stříká v uzavřených kabinkách s filtrací vzduchu. Obzvláště se hodí na velké plochy. Nevýhodou jsou však značné ztráty nátěru způsobené přestřikem (až 25%).
- Vysokotlakým stříkáním (bez vzduchu) – rozdíl oproti pneumatickému je ve způsobu dodávání nátěru do trysky, ten je tlačěn pouze nátěrem za sebou, nikoliv vzduchem. Tlak je vyvolán čerpadlem a pohybuje se okolo 100 bar. Z toho důvodu musí být trysky velmi odolné (vyrábí se obvykle z tvrdokovu) aby odolaly opotřebení. Vlivem vysoké rychlosti dopadu nátěru na předmět se sníží jeho odražení (lepší hygiena práce) a lze stříkat i složitější tvary. Výhodou je větší produktivita, úspora času i materiálu a nátěr se nemusí ředit v takovém množství jako u pneumatického stříkání. Nelze však měnit množství stříkané nátěrové hmoty, ta je totiž závislá na tlaku a trysce.
- Stříkáním nátěrových hmot v ohřátém stavu – princip je podobný jako pneumatického stříkání; hmota je však, z důvodu snížení konzistence (místo ředidla), před nanesením zahřátá na teplotu 70 až 80°C (větší teplota by už měla škodlivý vliv na vlastnosti nátěru). Výhodou je snížení množství ředitel v nátěru, možnost vytvářet tlustší vrstvy a fakt že výsledný povlak je po nanesení nelepivý. Nevhodné pro často se měnící druh a odstín nátěru.
- Stříkáním nátěrových hmot v elektrostatickém poli vysokého napětí – vychází z pneumatického stříkání. Zde je ale tryska připojena na záporný pól a předmět na kladný. Záporně nabité částice nátěru jsou přitahovány na kladně nabitý předmět ze všech stran, tam odevzdají svůj náboj a ulpí tak na něm. Takto vzniká souvislý povlak. Oproti klasickému stříkání je zřejmé snížení přestřiku a to na 5% (lepší

ekonomika a hygiena). Technologie je omezena tvarem předmětu (například prohlubně vyvolávají elektrostaticky stíněná místa) a nátěrem, který musí být optimálně elektricky vodivý. Musí se zajistit, aby nepřeskočila jiskra, to by mohlo vyvolat vznícení nátěru.



Obr. 2 - Princip nanášení barvy v elektrostatickém poli [17]

- Nanášením nátěrových hmot máčením – relativně jednoduchý způsob, kdy se předmět ponoří do nátěrové lázně a danou rychlostí se vytahuje (ta má vliv na tloušťku povlaku). Po vynoření přebytek nátěru steče a zbytek vytvoří povlak. Ztráty této technologie jsou velmi malé, způsobené odkapáním a odpařováním ředidla. Velice snadno automatizovatelné a vhodné pro sériovou výrobu. Tvar předmětu je omezen, nesmí mít kapsy. Lázně nutno stále míchat aby se nátěr nesrážel.
- Nanášením nátěrových hmot poléváním – obdoba máčení. Povlak je nanášen tryskou nebo přímo poléván širokou štěrbínou, jeho přebytek steče zpátky do zásobníku, takže ztráty jsou velmi malé (ještě menší než u metody máčením). Metoda je obvykle automatizovaná. Vhodná pro rovné plochy. Nevýhodou jsou stékance, zaschlé kapky na hranách a klínovitost nátěru.
- Navalováním – tento způsob se používá na hladké a ploché předměty (plechy, linolea, lepenky, dýhy, atd.). Princip je založen na průchodu předmětu skrze minimálně tři válce, z nichž aspoň jeden je gumový a obsahuje nátěr, tímto válcem lze regulovat tloušťku nátěru. Tato technologie je jen v automatizovaném provedení. Výhodou je velká produktivnost a malé ztráty nátěru (2-5%). Použitelné ale jen pro určitý typ tvaru předmětů.

- Elektrochemickým nanášením (elektroforézou) – nejprogresivnější metoda nanášení nátěru, vhodná pro sériovou a automatizovanou výrobu. Podobá se metodě ponorem. Zde je však lázeň zředěná vodou a předmět i lázeň jsou připojeny k stejnosměrnému proudu. Předmět je anodou a nátěr katodou. Nátěr se tedy pohybuje po siločarách el. pole směrem k předmětu, kde na něm ulpí a vytlačí vodu (obsah se vody je pak oproti ostatním metodám o 5% menší). Siločáry se odklánějí na povrch s menší tloušťkou nátěru – výsledkem je rovnoměrný povlak na celém povrchu předmětu. Tloušťka se pohybuje od 0,015 až 0,022mm, proto jsou takto nanášené nátěry buď základní (podklad pro další povlak) nebo jednovrstvé emaily. Nevýhodou je vysoká pořizovací cena zařízení a drahý provoz.
- Chemickým nanášením (autoforézou) – jedná se o vylučování povlaku chemickými reakcemi na ocelový povrch bez použití elektrického proudu. Povlak je vytvářen z vodní pigmentové disperze, vodní syntetické disperze, oxidačního prostředku, vodného roztoku kyseliny, a sloučeniny trojmocného železa. Je to účinný, ekologický, ekonomický způsob vytváření nátěrů s dobrou přilnavostí, který šetří energii a prostor.

b) Povlaky z plastů

Plast má výborné antikorozní vlastnosti, proto se s výhodou používá jako povlak, právě za účelem ochrany proti korozi. Spektrum uplatnění plastů v povrchových úpravách se stále rozšiřuje, proto se můžeme setkat i s plastovými povlaky určenými k ochraně proti otěru, opotřebení či lepivosti. Obvykle se používá termoplastů (polyetylén, polyamid, teflon, alkylád) ale i přírodní a syntetické kaučuky. Životnost plastového povlaku je určena difuzí koroze do povlaku a technologií nanesení.

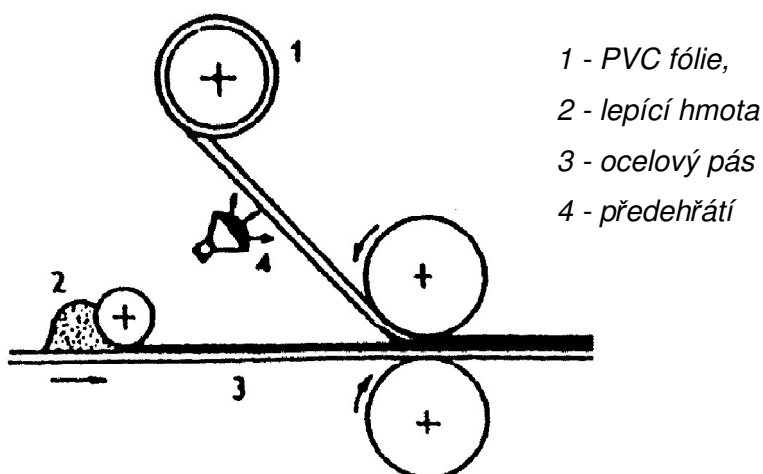
Tvorba povlaku spočívá ve dvou fázích:

- Želatizace – začíná natavením plastové hmoty, dochází k růstu molekul, mezi kterými se vytvoří příčné vazby a zastavení tečení. Po konci želatizace se na povrchu vytvoří rovnoměrný povlak. Tento proces trvá obvykle 10 až 15s.
- Vytvrzování – proces po želatinaci, závisí na něm konečné vlastnosti povlaku (pevnost, tažnost, elektrická pevnost, atd.).

Oba procesy jsou závislé na teplotě, za které probíhají, ta se odvíjí od druhu plastu.

Technologie nanášení [12]:

- Žárové stříkání – jedná se o stříkání nataveného plastu tryskou pistole, ta má omezen přímý styk plamene s plastickou hmotou aby nedošlo k rozkladu povrchu částic. Takže se plast v průběhu letu jen částečně nataví. Dotavení nastává vlivem předehřátého povrchu (zaleží na plastu ale obecně je to 100-300°C) a plamenem z pistole. Povrch musí být před stříkáním očištěn, zdrsňen a musí se upravit ostré hrany, aby neprořezali povlak při jeho smršťování (to platí i u ostatních metod). Tato varianta se používá i bez plamene, natavení je uskutečněno pouze teplem z předehřátého předmětu, pak se hovoří o bezplamenném stříkání a to se uplatňuje především u nádob.
- Vířivé nanášení (fluidní nanášení) – nejběžnější metoda, u které se předehřátý předmět vloží do nádoby se zčeřeným plastovým práškem, ten obalí předmět a z tohoto „obalu“ se slinutím prášku vytvoří povlak. Čeření je vyvoláváno vložkou na dně nádoby, do které je vháněn vzduch.
- Nanášení v elektrickém poli vysokého napětí – obdobné nanášení nátěrových hmot v elektrickém poli. Nastříkaný plast drží na předmětu díky elektrickým silám, vložením do pece se plast nataví a po vytvrzení vytvoří povlak.
- Plátování – jedná se nalisování plastové hmoty na plechy, pásy, trubky a dráty. Takto plátovaný předmět lze používat stejně obyčejný (lze ho stříhat, lisovat, ohýbat,...) s výjimkou tepelného zpracování, kde by hrozilo poškození plastu teplotou



Obr. 3 - Schéma nanášení plastů naválcováním [11]

2.2.2. Anorganické nekovové povlaky a vrstvy

Jedná se o nátěry, jejichž základem je anorganická látka a povlaky vytvořené řízenou chemickou reakcí kovového povrchu. Tyto povlaky chrání předměty především bariérovým způsobem (smalty) nebo změnou korozní odolnosti popřípadě i jiným způsobem (katodicky, pasivací). Na povrch se vážou buď mechanicky, chemicky nebo fyzikálně – záleží na způsobu jejich vytváření.

a) Konverzní vrstvy

Vznikají pasivací, tedy vzájemným chemickým nebo elektrochemickým působením prostředí a kovu, přičemž se na povrchu vytvářejí vrstvy obsahující jak prvky kovu, tak i prostředí. Výsledné vrstvy mají různé vlastnosti a tak se nevyužívají jen ke korozní ochraně ale i jako základní povlak, mazadlo u tváření, ochrana před otěrem, aj. Patří sem [12]:

- Barvení (oxidace) kovů – vytváří se exponováním kovu v roztoku se silným oxidickým prostředím, za zvýšené teploty a po určitý čas. Výsledná vrstva je tenká (500-800nm), je jen částečně korozivzdorná a používá se spíše pro dekorativní účely (změna barvy). Korozivzdornost lze dále zvýšit ještě impregnací. Používá se:
 - alkalické černění – ponoření předmětu do silně koncentrovaných alkalických louhových lázní o určité teplotě a po určitý čas. Lze černit i barevné kovy.
 - hnědění a modření – ponechání oceli v peci nebo taveninách, tak dlouho, až se povrch změní na požadovanou barvu a následném prudkém ochlazení.
- Oxidace hliníku – cílem je vznik oxidu hlinitého na povrchu hliníku, oxid je výrazně tvrdší a chemicky odolnější než hliník sám. Toho lze dosáhnout buď chemickou cestou (např. böhmitování – vaření hliníku v destilované vodě), která je málo využívaná (skrze omezenou tloušťku a odolnost povlaku) nebo elektrochemickou cestou - eloxováním. Eloxování probíhá v roztocích (kyselina sírová, chromová nebo šťavelová), do kterých je připojen elektrický proud. Anodou je eloxovaný předmět, katodou hliníkový plech nebo olovo. Principem je anodická oxidace, kde na anodě dochází k rozrušení hliníku, tvorbě hlinitých solí a jejich hydrolýze. Soli se pak průchodem elektrického proudu dehydratují na kysličník hlinitý. Výhodou je možnost tvořit silné a odolné vrstvy, dobře chránící před korozí. Výsledné vrstvy jsou však pórovité, lze je ale utěsnit a zvýšit tak ještě korozní odolnost. Další výhodou je možnost následného obarvení na prakticky jakýkoliv odstín.

- Fosfátování – úprava zinku a oceli, kdy se na povrchu vytvoří fosfátová vrstva, která vzniká reakcí kovového povrchu s fosfatizačním roztokem. Podmínkou pro tvorbu dobrého povlaku je důkladné očištění povrchu. Chrání před korozí ale je porézní a proto se nepoužívá jako finální vrstva ale jako příprava pro finální povlak, který dobře uchytí a zabrání podrezivění. Dále lze vrstvu použít jako mazadlo součástí při tváření a ke zlepšení zabíhání vzájemně se pohybujících součástí (například ozubená kola).
- Chromátování – nejběžnější metoda pasivace, podobá se fosfátování, je však levnější. Kov se ponoří do chromátové lázně a po několika desítkách sekund je vytažen. Vzniklá vrstva je bezbarvá a má lehkou korozní odolnost, používá se jako základ pro organický nátěr nebo v případě zinku k zabránění bílé rzi.

b) Smalty

Povlak chrání povrch především bariérovým účinkem. Proto je u něj důležitá jeho nízká pórovitost, zajištěná tloušťkou povlaku. Smalt je modifikované sklo schopné držet na povrchu kovu. Vzniká ze smaltové břečky, ta se nanese na kov (máčením, stříkáním nebo poléváním), vysuší se a následně se vypálí při teplotě 800 až 950°C. Vrstva je souvislá, otěruvzdorná, izolační a současně dekorativní, odolává vysokým teplotám (700°C, u speciálních smaltů až 1100°C) – špatně však snáší tepelné šoky z důvodu nižší tepelné vodivosti a roztažnosti smaltů. Další nevýhodou je křehkost, tedy možnost poškození od nárazů nebo utahování šroubů. Nanáší se jako jednovrstvý nebo jako dvouvrstvý (základní a krycí) smalt a to vždy na důkladně očištěný povrch. [11]

c) Anorganické nátěry

Využívají se ke katodické ochraně oceli, proto obsahují velký obsah zinku (90-95%). Další využití je jako bariérová ochrana, chrání kov před vlivy při tepelném nebo chemicko-tepelném zpracování (například měď u cementace nebo cín při nitridaci), zde je důležitá jejich dobrá nanášecí schopnost, udržení se po dobu zpracování a následné snadné odstranění, také nesmí ovlivnit kalící lázně. Dále se anorganické nátěry využívají k separační ochraně, například použití vápenného mléka při svařování k zabránění ulpění rozstříků při svařování. [11]

2.2.3. Kovové povlaky a vrstvy

Ke kovovým povlakům se využívají různé druhy ušlechtilých i neušlechtilých kovů. Nejdůležitějším parametrem při ochraně povrchu patří tloušťka a poréznost vrstvy, přičemž čímž je povlak tlustší, tím má méně korozně významných pórů. Kov může chránit povrch vedle bariérového způsobu i protikorozním legováním a katodicky (měď-nikl-chróm) či anodicky (zinek, hliník). Při volbě kovového povlaku je důležité zda funkční a vzhledové požadavky dovolí, aby se na povrchu povlaku postupem času utvořili korozní zplodiny. Výsledné vlastnosti vrstev podstatně závisí na způsobu jejich vytvoření i na podkladu [11].

a) Plátování kovy

Jednoduchá metoda ochrany materiálu, jedná se o mechanické pokrytí chráněného povrchu kovem, který se může pro zlepšení tepelně zpracovat pro difuzní spojení povlaku se základním materiálem. Tloušťka naplátovaného kovu může být i několik mm [11].

b) Žárové pokovování v roztavených kovech

Je snadný způsob vytvoření kovového povlaku ponořením předmětu do roztaveného kovu. Po vytažení ulpělý kov tvoří hlavní ochranou složku. Reakcí s roztaveným kovem vznikají difuzní mezivrstvy, přispívající k dobrému zakotvení povlaku ale zároveň zhoršují jeho mechanické vlastnosti. Tato metoda je omezena jen na povlakování kovy s nízkou teplotou tání. Nejběžnějšími operacemi jsou [11]:

- žárové zinkování,
- žárové hliníkování,
- žárové olovění.

c) Žárové stříkání kovů (metalizace)

Nástrojem je zde plynová nebo elektrická stříkácí pistole, která nataví kov (v podobě nejčastěji drátu) a ten se následně, tlakem vzduchu, vrhne na chráněný povrch, kde ulpí, ztvrdne a vytvoří tak povlak. Takto lze nanášet libovolné kovy nebo slitiny na různé materiály. Tloušťka je volitelná. Lze použít současně dva různé kovy a využít jejich kombinace (pseudoslitinu) se specifickými vlastnostmi. Proces lze automatizovat. Oproti organickým nátěrům jsou metalizační povlaky 2-3x dražší, vydrží ale déle (20 až 30 let) a jsou tedy ve výsledku ekonomičtější. [11]

d) Chemické pokovování

Jde o vylučování ušlechtilějšího kovu na kov méně ušlechtilý vlivem rozdílných potenciálů v roztoku nebo vyredukováním kovu z jeho soli. Proces se odehrává v pokovovací lázni složené ze soli kovu (vyloučeného) a redukčního činidla (redukuje sůl na kov). Je to jednoduchý způsob, kde není potřeba složitého zařízení. Výhodou je tvorba povlaků téměř ze všech kovů a neomezená hloubková účinnost lázně. Nevýhodou je pomalé vylučování kovů a nutnost regenerace lázně z důvodu jejího vyčerpávání. Mezi nejčastější pokovovací operace patří [11]:

- chemické mědění,
- chemické cínování,
- chemické chromování,
- chemické zinkování,
- chemické stříbření,
- chemické niklování,

e) Elektrochemické (galvanické) pokovování

Děj probíhající v elektrolytu. Jedná se o nanášení povlaků, kde částice, z galvanicky vylučované katody, se přenáší vlivem elektrochemické reakce na anodu (pokovovaný předmět). Takto je možné nanášet povlaky na komplikované tvary (galvanoplastika) a tvořit tenké antikorozní povlaky (galvanostegie). Pokovovací operace jsou [11]:

- mědění,
- mosazení,
- zinkování,
- kadmiování,
- cínování,
- niklování,
- chromování,
- stříbření,
- zlacení.

f) Fyzikální a fyzikálně-chemické povlakování

Jedná se o tvorbu povlaku z par kovů nebo sloučenin. Podstatou je zahřívání kovu ve vakuu na takovou teplotu až se začne odpařovat. Kovové páry pak zkondenzují na povrchu chráněného předmětu. Takto vytvářené vrstvy jsou rovnoměrné, souvislé, tenké a lesklé [11].

g) Tepelné a chemicko-tepelné zpracování

Jedná se o dvě technologie [11]:

- Zpevňování fázovou transformací – Jedná se vlastně o kalení. Účel je zvýšení tvrdosti a odolnosti proti opotřebení povrchu způsobené přeměnou nebo rozpadem austenitu. Provádí se zahřátím předmětu na stanovenou kalící teplotu, výdrží na dané teplotě a prudkým ochlazením. Ohřev se provádí plamenem nebo elektrickou indukcí. Nové vlastnosti přináší ozáření laserem.
- Difúzní procesy sytící povrch různými prvky – provádí se vložením předmětu do aktivního prostředí, to může být tuhé, kapalně nebo plynné. Při dostatečné teplotě se z prostředí začne uvolňovat prvek, který vstoupí do povrchu a vytvoří tak difúzní vrstvu. Vrstva má jiné chemické složení než základní materiál a podle způsobu vytvoření je to tuhý roztok nebo chemická sloučenina či jejich kombinace. Cílem je zvýšení tvrdosti povrchu, odolnost proti opotřebení, namáhání, žáru a korozi. Procesy jsou:
 - termodifúzní beryliování,
 - termodifúzní boridování,
 - termodifúzní chromování,
 - termodifúzní křemíkování,
 - termodifúzní hliníkování,
 - termodifúzní zinkování.

3. Adheze povlaku k podkladu

Norma ČSN EN ISO 4618 Nátěrové hmoty - Termíny a definice – definuje adhezi (přilnavost) jako: „*Vlastnost vazby na rozhraní mezi pevným povrchem a dalším materiálem způsobená molekulárními silami.*” [4]

Adheze je schopnost dvou rozdílných materiálů spolu přilnout k sobě. Fyzikálně je to schopnost přenosu tečných sil ve styku dvou povrchů bez zřetelného pohybu. Chemicky to je síla přilnavosti, mezimolekulární přitažlivé chemické a fyzikální síly na styčných plochách v nerovnostech a pórech materiálů (Van der Waalsova síla). Van der Waalsovy síly jsou velmi slabé přitažlivé síly, které působí mezi nepolárními molekulami a jsou důsledkem vzniku okamžitého elektrického dipólu. [22]

Základní mechanismy adheze [22]:

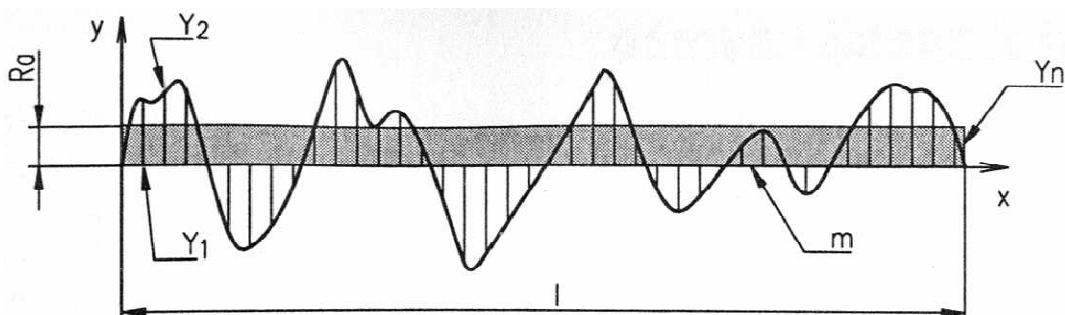
- Mechanická adheze – dvě mechanicky zapadající fáze do sebe,
- chemická vazba – sloučenina vytvořená dvěma fázemi,
- elektrostatická přitažlivost – vzniká mezi dvěma opačně nabitými povrchy,
- difuzní adheze – fáze vzájemně difundují do sebe (polymery),
- disperzní adheze – je dána přitažlivostí Van der Waalsových sil mezi molekulami.

3.1. Faktory ovlivňující adhezi povlaku:

3.1.1. Profil povrchu

Důležitý faktor pro přilnavost povlaku k povrchu, je dán technologií opracování povrchu (soustružení, broušení, leštění,...), která vytvoří geometrii povrchu - drsnost a kotvící profil potřebný pro uchycení povlaku. [6].

Drsnost je jakost obráběného povrchu, jeho struktura, tvoří ho reliéf vzniklý předchozím opracováním. Jsou to tedy stopy zanechané po nástroji v určitém měřeném úseku. Vyrábět málo drsný povrch je technologicky a ekonomicky náročné, proto se volí vždy optimální hodnota. Nesprávně zvolená drsnost vede ke zbytečným výrobním nákladům (v případě nižší drsnosti než je potřebné) či k poruše (v případě vyšší drsnosti než je minimálně nezbytné).



l - základní délka, y - výška profilu

Obr. 4 – Schéma profilu povrchu [20]

Nejběžnější parametry popisující drsnost [20]:

- **Ra** - střední aritmetická úchylka profilu,
- **Rz** - výška nerovnosti profilu určená z 10 bodů,
- **Ry** - největší výška nerovnosti profilu,
- **Sm** - střední rozteč nerovností profilu,
- **S** - střední rozteč místních výstupků profilu.

Nejpoužívanější metodou pro hodnocení drsnosti povrchu je střední aritmetická úchylka Ra . Je to střední hodnota vzdálenosti bodu zjišťovaného profilu od střední čáry v určité délce. Například po obrábění načisto je u soustružení povrch $Ra=0,2-1,6\mu\text{m}$ a u broušení je $Ra=0,05-0,4\mu\text{m}$. Nejmenší dosahovaná drsnost je $Ra=0,012\mu\text{m}$ a používá se na nejhladší plochy nejpřesnějších měřidel, například základní měřky, metalografické výbrusy aj. [21]

Vypočítá se jednou ze dvou metod [20]:

- Statistická metoda určení Ra :

$$Ra = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i| = \frac{|y_1| + |y_2| + |y_3| + \dots + |y_n|}{n}$$

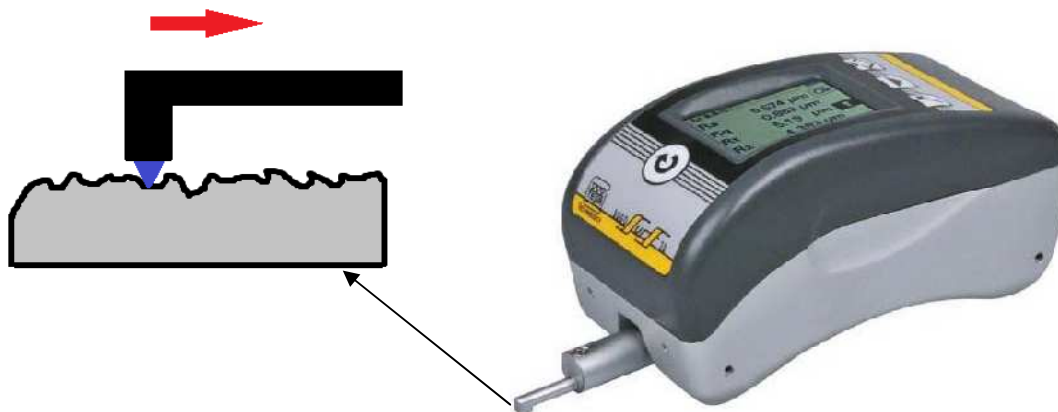
Rovnice 1 - Statistická metoda určení Ra [20]

- Integrální metoda určení Ra :

$$Ra = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx$$

Rovnice 2 - Integrální metoda určení Ra [20]

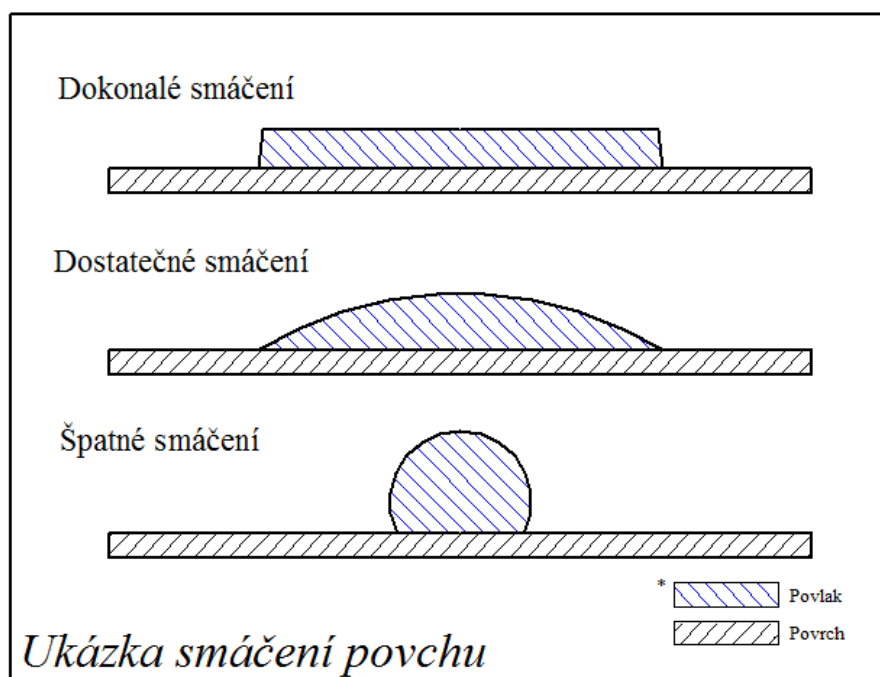
Způsobů měření drsnosti je celá řada, rozlišují se podle roviny, ve které měří, na 2D a 3D. Nejčastěji se měří dotykovým profilmetrem, tzv. drsnoměrem. Ten je vybaven kluznou lyžinou se zaobleným diamantovým hrotem, mechanicky snímajícím povrch měřené součásti, zařízením transformující mechanický signál na elektrický a mikropočítačem který dle signálu automaticky povrch vyhodnocuje. [21]



Obr. 5 – Drsnoměr značky Tesa a princip snímání povrchu [21]

3.1.2. Smáčecí schopnost

Důležitá vlastnost povlaku zajišťující rovnoměrné pokrytí plochy. Vliv na smáčenlivost má povrch povlakovaného materiálu. Například povrch, bez mastnot a nečistot, je snadno smáčenlivý vodou ale znečištěný povrch (především mastnotou) je hydrofobní. [5]



Obr. 6 – Smáčení povrchu [5]

3.1.3. Předúprava povrchu povlakem

Vytvoření umělého základního podkladu pro lepší uchycení finálního povlaku, který přijde na něj. Nejpoužívanější je fosfátování. Fosfátová vrstva je porézní a tudíž dobře nasákavá organickými povlaky, oleje, maziva, aj. Automobilový průmysl považuje fosfátování před nanášením laku za standard. Novým řešením pro zlepšení adheze je nanesení tenké nano-vrstvy na bázi silanu, které předčí klasický fosfát.

3.1.4. Čistota povrchu

Nejdůležitější faktor pro adhezi, nečistoty značnou měrou snižují přilnavost a mohou způsobit nepřípustné vady v povlaku. Dále v kapitole 4.

4. Znečištění povrchu kovu:

Nečistoty jsou nežádoucí látky uchycené na povrchu předmětu (jak na základním materiálu, tak na mezivrstvě), mohou být tak malé, že nemusí být patrné okem a přesto mohou způsobit značný úbytek na kvalitě povlaku, proto se musí před povrchovou úpravou odstranit. Čistý podklad je podmínkou pro vytvoření celistvého povlaku s požadovanými vlastnostmi, popřípadě jeho vytvoření vůbec. Důsledek špatného očištění povrchu před aplikací povlaku se nemusí projevit bezprostředně po nanesení ale až po čase, který nečistoty potřebují, aby narušily povlak. Například nepatrný zbytek koroze zanechaný pod povlakem se dále rozrůstá, viditelný je až když dostatečně naruší celistvost a přilnavost povlaku. Důležitým faktorem povrchu je také jeho drsnost, například u organických nátěrů je vhodná větší, aby zajistila dobrý kotevní profil, zatímco u galvanického pokovení je vhodný povrch co nejhladší. [14]

Podle způsobu uchycení na povrchu se nečistoty dělí na [13]:

- Ulpělé – nemají chemickou vazbu k povrchu, udržovány jsou na něm pouze fyzikálními silami. Jedná se o mastnoty, prach, uhlíkové částice, zbytek kovů po třískovém zpracování, aj.
- Vlastní – jsou vázány k povrchu chemickou vazbou. Jedná se obvykle o zplodiny chemických přeměn například po tepelném zpracování (po svařování okuje), povrchová vlhkost, rez, aj.

Abychom mohli účinně odstranit nečistoty, je vhodné nejprve zjistit jejich charakter, množství a místo výskytu. K tomu slouží různé vizuální nebo analytické metody. V případě zjištění absence významné nečistoty, lze odstranit preventivní čištění.

Mezi základní identifikace nečistot patří metody založené na [13]:

- Vizuálním porovnání – jedná se o srovnávání prachu se vzorkem. Nejběžnější zkouška je snímání samolepící páskou, viz dále.
- Ultrafialovém světle – osvětlením povrchu ultrafialovým světlem se zvýrazní mastnoty, slouží k určení tloušťky a výskytu mastnot.
- Rentgenové spektroskopii – využívá se k analýze složení vrstev na povrchu.
- Elektronovém skenovacím mikroskopu (SEM) – přesná analýza. Využívá se pro určení výskytu organických nebo anorganických nečistot.
- Analytických postupech – řadou analytických postupů a posouzením jejich výsledků lze stanovit příčinu vzniku nečistot, závažnost a navrhnout vhodný postup čištění.

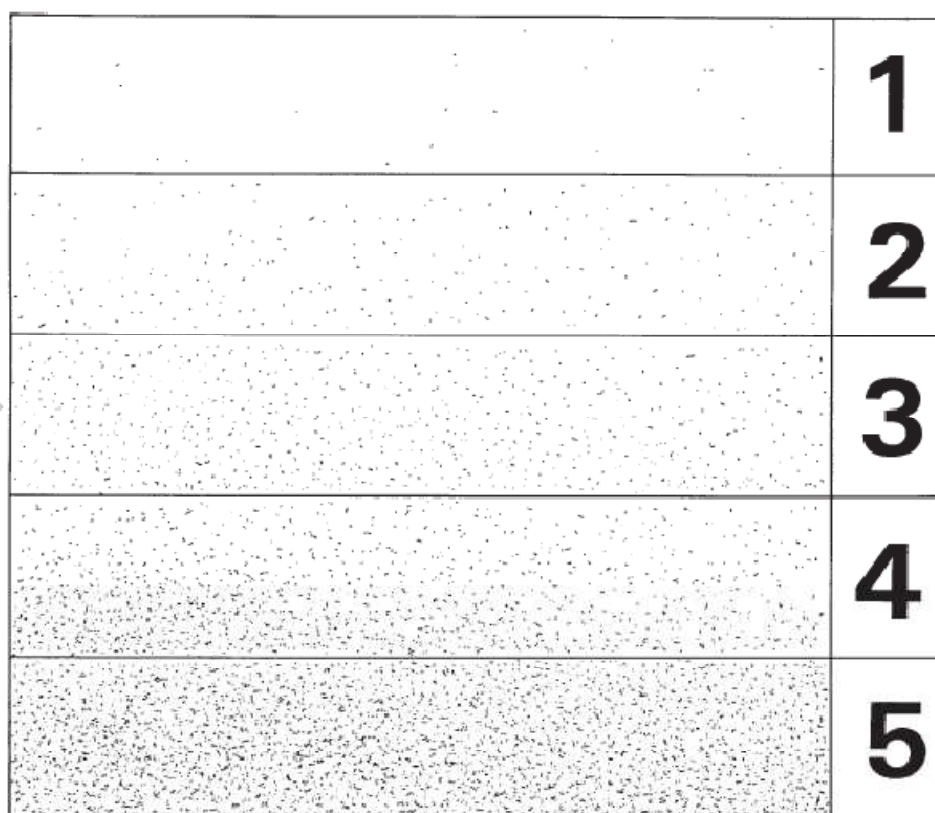
4.1. Metoda snímání samolepící páskou

Jednoduchá metoda určená pro měření množství a velikosti prachových částic. Provádí se podle normy ČSN ISO 8502-3. Principem je nalepení adhezní samolepící pásky na zkoušený povrch. Její přitlačení a následné sejmutí. Páska s prachem se umístí na podklad, který barvou kontrastuje se zachyceným prachem. Vyhodnocení je založeno na porovnání se vzorky z normy. [19]

Páska musí být bezbarvá, průhledná, citlivá na přitlak, šíře 25mm, délky asi 150mm a s adhezní silou při odtrhu minimálně 190N na metr šíře. Její přitlačení se provádí buď [19]:

- Palcem – ten se přitlačí na konec pásky a konstantním tlakem přejíždí třikrát v každém směru. Každé přejetí má trvat 5 až 6s.
- Válečkem – způsob zajišťující přesnější výsledek. Místo palce se použije odpružený váleček, kterým se posunuje po pásce se zatížením mezi 39,2N a 49N. Váleček je kalibrován tak, aby při jeho zatížení závažím o hmotnosti 4kg byla jeho síla 39,2N a při zatížení 5kg byla síla 49N.

Vyhodnocení množství prachu je výsledkem porovnáním množství prachu na pásce s obrázkovou stupnicí v normě a zařazení dle odhadu do stupnice 1, 2, 3, 4 a 5 případně do mezistupně. Lze použít i lupu o zvětšení 10x. [19]



Obr. 7 – Obrazová stupnice odpovídající množství prachu [19]

Velikost převládající velikostí prachových částic se určí s pomocí lupy, dle tabulky 1. Pokud se vlivem prachu změnila barva lepicí pásky, obvykle se jedná o částice o průměru menší než 50 μ m, tedy třída 1. [19]

Tabulka 1 – Třída velikosti prachových částic [19]:

Třída	Popis prachových částic
0	Částice neviditelné při zvětšení 10X.
1	Částice viditelné při zvětšení 10x, ale ne prostým okem.
2	Částice již viditelné prostým okem.
3	Částice jasně viditelné prostým okem.
4	Částice v průměru mezi 0,5 a 2,5mm .
5	Částice v průměru nad 2,5mm.

5. Způsoby čištění

Druhy čistících operací se rozdělují podle nečistot, které odstraňují. Ulpělé se odstraní odmašťováním, vlastní se odstraňují mořením, otryskáváním, broušením, nebo omíláním. Očištěním od vlastních nečistot většinou získá povrch navíc vhodnou mikrogeometrii a mikrostrukturu pro přilnutí případného povlaku, tedy kotvící profil.

5.1. Čištění chemické

5.2.1. Odmašťování

Jedná se o narušení a uvolnění nečistot, které jsou vázány buď adhezní silou, nebo fyzikální adsorbci, a jejich odvedení do roztoku. Dělí se na odmašťování [12]:

- V alkalických roztocích - Provádí se ponořením nebo postřikáním alkalickým roztokem. S použitím tenzidů je odmašťování ještě účinnější. Po odmaštění je potřeba předmět opláchnout horkou vodou aby se odstranily zbytky alkálií a jiných nečistot. Odpadní vodu je nutné neutralizovat.
- V organických rozpouštědlech - Rozšířené odmašťování, používané především pokud nelze použít alkalické roztoky, například u barevných kovů. Vhodné pro hrubé odstranění velkého množství nečistot. Nejsou však příliš ekologické a od jejich používání se odstupuje. Jako rozpouštědla se používá nafta, petrolej, trichloretilén, benzin aj.
- Elektrolytickým odmašťováním - Nejlepší odmaštění založené na principu elektrolýzy, kde se galvanickým proudem dochází k narušení látek alkalického roztoku. Odmašťovaný předmět může být katoda, anoda nebo nejlépe střídavě obojí.
- V neutrálních roztocích - Jedná se o ruční odmašťování pomocí roztoků saponátů, které nelze aplikovat ponorem nebo postřikem neboť by pěnily.
- Emulzním odmašťováním - Vhodné pro odstranění hrubých vrstev nečistot směsí organických rozpouštědel s emulgátory, které při následném oplachu odplaví mastnotu.
- Opalování - Principem je spálení mastnot na plynné zplodiny. Teplota se pohybuje od 300 do 700°C. Musí následovat moření nebo otrýskávání k odstranění vzniklé lidické vrstvy.

- Vysokotlaké kapalinné odmašťování - Jde o odstranění mastnoty proudem vody o síle až 60 MPa. Voda může být čistá nebo s přidanými inhibitory. Ekologické čištění kde se odpadní voda čistí jen minimálně.

5.2.2. Moření

Chemické odstranění okují a rzi z povrchu kovu působením louhů nebo kyselin, které přemění rez na rozpustné soli, které přejdou do roztoku. Mořit lze ponořením předmětu do mořící lázně, postřikem nebo pomocí cirkulace mořidla. Po moření je nutno kyselinu ekologicky zlikvidovat. [12]

Moření se dělí podle použité kyseliny, na [12]:

- Moření v kyselině sírové - ponořením předmětu do kyseliny sírové (5 až 20%) se odstraní rez a okuje. Princip je založen na pronikání kyseliny skrze póry oxidického povlaku, jeho následném podleptání a utržení za pomoci bublinek vodíku. Výhodou je vytvoření vhodného kotvícího reliéfu pro dobrou adhezi povlaku. Nevýhodou je malé využití kyseliny na odstranění nečistot (5%) a velké nepotřebné rozpouštění kovu (55%), zbytek je ztrátový (oplach). Lepší využití kyseliny se dosahuje použitím inhibitorů, které zpomalují rozpouštění oceli ale okuje a rez neovlivňují.
- Moření v kyselině chlorovodíkové - určené pro ocelové materiály. Oproti moření v kyselině sírové je proces rychlejší, rovnoměrnější a povrch je čistší avšak dražší, navíc výpary z mořící lázně jsou velmi agresivní. Provádí se v kyselině chlorovodíkové (5-17%) při pokojové teplotě (20°C). Zvýšením teploty dochází k vypařování agresivních a korozi způsobujících výparů.
- Moření v kyselině fosforečné - Při nižších teplotách je moření pomalejší ale při vyšších rychlejší oproti ostatním. Samotná kyselina je drahá (dvakrát dražší než sírová), proto se vyplatí regenerace, tj. zachycení železa z kyseliny a její opětovné použití jen s malou ztrátou. U této metody nevznikají žádné výpary. Po moření je povrch lehce fosfátován, sice nedostatečně jako základ pro další povlak ale chrání před další korozí.
- Zvláštní způsoby moření - Jedná se především o moření v parách chlorovodíku (vystavení předmětu vlhkým parám chlorovodíku o teplotě 500°C) a moření v taveninách (hydroxidu sodného při teplotě 350°C).

5.2. Čištění mechanické

5.2.1. Otrýskávání

Jedná se o mechanickou úpravu materiálu, která pomocí tryskacího materiálu vrženého na opracovávaný předmět, jednak odstraňuje nečistoty a jednak deformuje povrch a tím ho kvalitativně upravuje. Tryskaný materiál se liší, podle účelu jehož má být tryskáním dosaženo, například kulatá zrna zpevňují a čistí povrch, který je pak pokryt důlky, zatímco ostrá zrna se zasekávají do povrchu a zanechávají ho drsný. Tryskáním vodou s brusivem zase lze vyhlazovat povrch, tzv. hydrofiniš. K vržení zrna se používají metací kola s různým počtem lopatek (ten určuje rozptyl tryskacího paprsku). [12]

Čistota povrchu je normovaná dle ČSN ISO 8501-1 a rozdělena na 6 skupin, viz následující tabulka. [23]

Tabulka 2 – Třída velikosti prachových částic [23]:

Označení	Popis
Sa 3	Otryskání až na vizuálně čistý povrch.
Sa 2,5	Velmi důkladné otryskání.
Sa 2	Důkladné otryskání.
Sa 1	Lehké otryskání.
St 3	Velmi důkladné ruční a mech. čištění.
St 2	Důkladné ruční a mech. čištění.

5.2.2. Omílání

Princip je založen na otírání předmětů v kapalině, která obsahuje brusivo. To se děje v rotujícím bubnu nebo zvonu. Účelem je odstranit ostré hrany (odjehlit), odstranit nečistoty (zbytky tavidel po svařování, korozní zplodiny, aj.), zpevnit povrch a zvýšit korozivzdornost. Jako omílací tělesa se používají nejčastěji přírodní nebo umělé kameny (křemen, čedič, žula), dále pak různé kovové tělesa, textil, kůže, atd. Metoda je určená pro více těles o malé hmotnosti do 1kg, větší tělesa se pak musí upnout do přípravku. Výhodou je velká produktivita a nahrazení ručního broušení a leštění – tedy snižování výrobních nákladů. Nevýhodou je však možnost poškození výrobků. [12]

5.2.3. Broušení

Mechanická úprava povrchu. Často jde o konečnou úpravu povrchu před nanesením povlaku nebo jako konečná povrchová úprava. Pomocí brusného kotouče nebo pásu, na kterých jsou nalepena zrna, se odebírá velmi malé množství materiálu a vytváří se kvalitní lesklý povrch s vysokou jakostí, bez nerovností. Po broušení často ještě následuje dokončení kartáčováním nebo leštěním. [12]

5.2.4. Leštění

Určené pro vytvoření konečné jakosti povrchu, oproti broušení nejsou zrna nalepena na kotouči, ale jsou v leštící pastě, která jsou roztírána a přitlačována k povrchu hadrovým nebo plstěným kotoučem a to buď ručně nebo strojně. S velkou výhodou se malého úběru využívá při leštění povlaků (zvláště kovových) pro dosažení většího lesku. [12]

5.2.5. Kartáčování

Určeno buď k odstranění hrubých nečistot ocelovými kartáči, nebo k zjemnění a dosažení stejnoměrného vzhledu povrchu před leštěním přírodními kartáči s přispěním brusné pasty. Lze provádět buď ručně, nebo strojně. [12]

6. Měření a zkoušky povlaku

Zkouší se různé vlastnosti, nejdůležitější je ale adheze. Adhezi je třeba kontrolovat, neboť povlak ze začátku nemusí jevit žádný problém, jeho malá adheze se ale často projevuje až postupem času a to v podobě odloupenutí (především při mechanickém namáhání). Neexistuje však žádná přímá objektivní zkouška přilnavosti, která by adhezi dala konkrétní číslo, výsledky jsou obvykle jen: vyhovuje/nevyhovuje. Hodnotí se jednotlivé faktory, které s přilnavostí souvisí [7]:

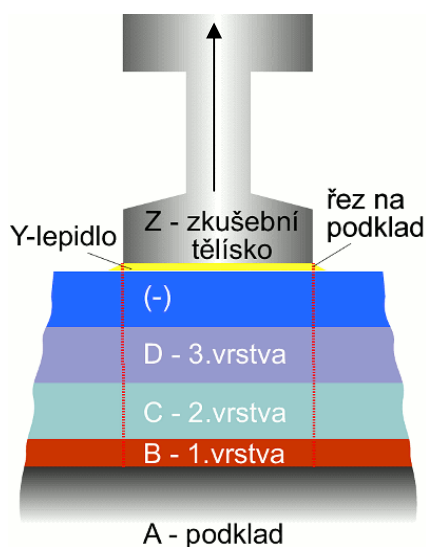
- Odolnost povlaku při zatěžování
- Síla potřebná oddělení povlaku
- Napětí v tahu (kolmo k ploše), které je potřeba pro odtržení povlaku

Dále se často měří tloušťka povlaku a to jak mokrého, tak suchého. Je to vlastně vzdálenost mezi povrchem filmu a povrchem podkladu. Přesnost údajů závisí na rovnoměrnosti a hladkosti povrchu povlaku i podkladu. Důležitá je také metoda měření, která může naměřené hodnoty zkreslit, proto se společně s tloušťkou uvádí i metoda měření. [24]

6.1. Přehled základních adhezních zkoušek:

6.1.1. Odtrhová zkouška přilnavosti (pull-off zkouška)

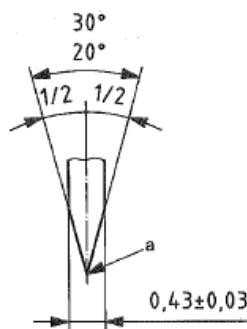
Destruktivní zkouška určená pro zjištění tahové pevnosti, úspěšnosti nanesení povlaku adhezního a kohezního poškození jednotlivých vrstev povlaku. Provádí se podle normy ČSN EN ISO 16276-1. Zkoušený ocelový podklad musí být minimálně 10mm tlustý. Zkoušet lze přímo nátěr na konstrukci (pak je ale nutná jeho oprava) nebo na vzorku vytvořeném stejným způsobem a ve stejnou dobu jako nátěr na konstrukci. Principem je přilepení zkušební tělíska (panenky) na povlak a následném plynulém, konstantním oddalováním kolmo od zkoušeného povrchu tak dlouho dokud se povlak neodtrhne vlivem tahu. Odtrhnutí musí nastat do 90s, tomu se musí přizpůsobit narůstající síla. Ta ale musí být menší než 1 MPa/s. Síla potřebná k odtržení se zaznamená. [28]



Obr. 8 Princip odtrhové zkoušky [18]

6.1.2. Mřížková zkouška přilnavosti

Zkouška se provádí dle normy ČSN EN ISO 16276-2. Do povlaku se vyřeže mřížka o šesti řezech v každém směru. Nástrojem je speciální nůž (jedno nebo vícebřitý) o daných parametrech, kterým se pomocí šablony vytvoří řezy. Každý řez musí projít až na podklad. Místo s řezy se očistí a přiloží se na něj lepicí páska, ta se pak odtrhne. Tato zkouška má různé varianty, které se liší podle uspořádání řezů (zkouška X řezem, mřížková metoda – varianta B,...). [15]

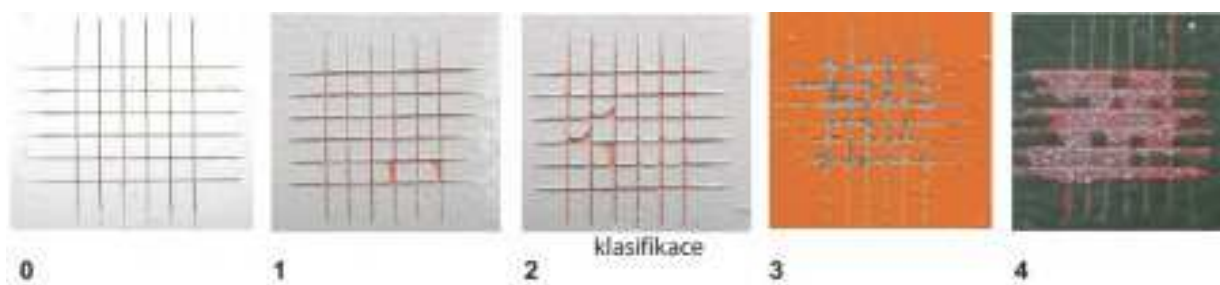


Obr. 9 – Průřez jednobřitého nože pro mřížkovou metodu [15]

Zkouška se vyhodnotí bezprostředně po odtrhnutí pásky. Vzorek se prohlédne v dobrém světle a pokud možno i z více stran, lze použít i lupu. Stupeň odloupenutí se porovná s tabulkovým vzhledem povrchu a klasifikuje se do šesti kategorií označených čísly. Většinou bývá kategorie 0 až 3 brána jako vyhovující. [15]

Kategorie [15]:

- 0 – bez viditelného poškození
- 1 – drobné poškození povlaku (max. 5% plochy)
- 2 – střední poškození, povlak se odlupuje podél řezu a v křížení (5-15% poškození)
- 3 – povlak se odlupuje v pásech podél řezů (15-35% poškození)
- 4 – některé čtverce mohou být úplně odloupnuty (35-65% poškození)
- 5 – stupeň, který rozsahem poškození povlaku nelze zařadit ani jako stupeň čtyři

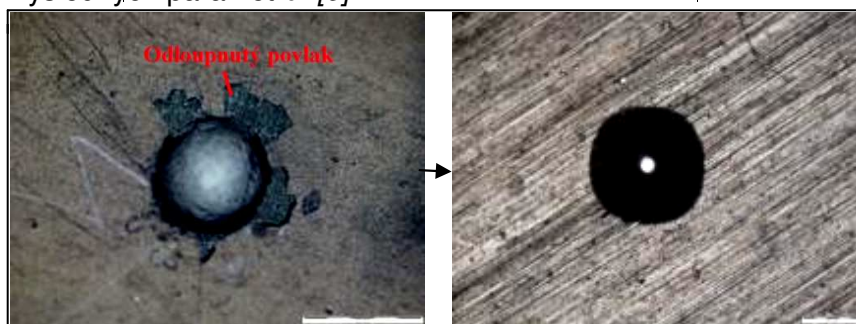


Obr. 10 – Příklad klasifikace mřížkové zkoušky [4]

Variantou této metody je tzv. zkouška křížovým řezem. Princip i vyhodnocení je podobné, liší se především řezy, které tvoří „X“. Každý řez musí být 40mm dlouhý a musí mezi sebou svírat úhel v rozmezí 30° až 45°. Výhodou je menší počet řezů a možnost zkoušet i povlaky silnější než 250 μm , na rozdíl od mřížkové zkoušky tedy není tato zkouška omezena tloušťkou. Vyhodnocení se stanoví porovnáním s příslušným poškozením uvedeným v ČSN ISO 16276-2 a zařazením do patřičné kategorie. [26]

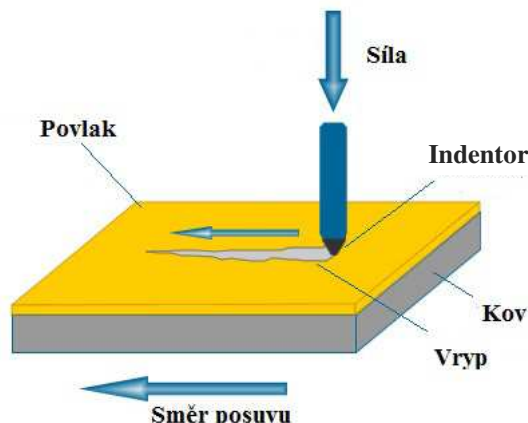
6.1.3. Další zkoušky:

- Zkouška ohybem - princip je ohnutí zkušební vzorku přes cylindrický nebo konický trn a sledování zda se povlak na vzorku odtrhne nebo praskne vlivem deformace. Zkouška se provádí v laboratorním prostředí nebo v terénu kde působí ohybové deformace. [4]
- Vizuální vlastnosti - zkouší se pomocí spektrofotometru a jde o určení optických vlastností povlaku, jako je lesk, temnost, světlost, průsvitnost. [8]
- Metalografická zkouška - spočívá v odebrání vzorku, jeho důkladném vybroušení a posouzení pod mikroskopem. [8]
- Zkouška přilnavosti vtlačováním – nejprve se vytvoří křížový řez, na který se vtlačuje, pomocí Eichsenova přístroje, razník. Hodnotí se množství odloupnutého povlaku. [7]
- Metoda pilování – jemným pilníkem se vypiluje, pod úhlem 45°, drážka. Hodnotí se množství odloupnutého povlaku. [7]
- Metoda tepelných rázů - vzorky se ohřejí na teplotu 150 až 300°C a následně se ponoří do vody. Hodnotí se vznik puchýřů nebo popraskání povlaku. [7]
- Mercedes test – statická zkouška kdy se diamantový hrot zaboří do povlaku s předem definovanou zátěží, vyvolá napětí a pomocí mikroskopu se posoudí adhezní a kohezní vlastnosti. Odpor proti šíření trhliny je měřítkem adheze. Vyhodnocení se provede pomocí tabulky, která poškození zařadí do šesti kategorií (první jsou drobné oděrky a poslední selhání adheze). [9]
- Kalo test – metoda založená na principu probroušení ocelové kuličky s určitým průměrem skrze povlak a to za pomoci diamantové pasty. Tloušťka se vypočítá za pomoci výsledných parametrů. [9]



Obr. 11 – Vlevo špatný výsledek kalo testu, vpravo správný výsledek kalo testu [9]

- Vrypová zkouška (Scratch test) – princip je vniknutí indentor (Rockwellův diamant) do povlaku a jeho následný plynulý pohyb – vzniká vryp. Tím se vytváří pnutí a to až do doby kdy dojde k odtržení povlaku. Tato kritická hodnota udá míru adheze. [10]

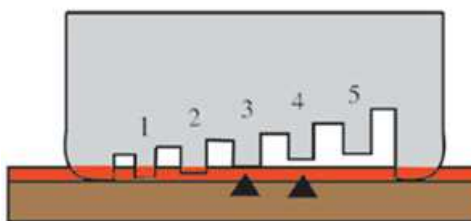


Obr. 12 – Schéma vrypové zkoušky [27]

6.2. Základní metody měření tloušťky povlaku

6.2.1. Měření pomocí měřicího hřebenu

Hřeben je nástroj se zuby, které jsou postupně zkracovány tak, aby tvořily odstup mezi základní linií zubů a daným zubem. Velikost odstupů se odečítá na stupnici přístroje. Zuby musí být z korozivzdorné oceli nebo plastu, aby nebyly poškozeny rozpouštědly z nátěrových hmot. Hřeben se přitiskne k podkladu a sleduje se, který zub je ještě potřísněn nátěrem. Měření se provádí třikrát. Lze provádět jen na mokřém nátěru. [24]



Obr. 13 – Princip měření tloušťky měřícím hřebenem [25]

6.2.2. Měření pomocí tloušťkoměru

Nejpoužívanějšími nástroji jsou v dnešní době digitální tloušťkoměry a to díky své jednoduchosti měření. Přiložením sondy k povrchu se ihned na obrazovce tloušťkoměru zobrazí tloušťka suché vrstvy. Většinou se měření provádí desetkrát na deseti různých místech povlaku a výsledky se zprůměrují.

Praktická část:

7. Návrh metodiky experimentální práce:

V praktické části je testován nátěrový systém aplikovaný na třech různých podkladech, které byly znečištěny zaprášením. Jedná se o plechy z hliníku, zinku a oceli standard. Ke každému druhu podkladu byly vytvořeny tři vzorky, aby nebylo měření ovlivněno lokálními vadami v povrchu. Sledována je kvalita, především adheze, výsledného nátěrového systému zjištěná pomocí mřížkové a křížové zkoušky. Srovnání je provedeno s nátěrovým systémem aplikovaným na odmaštěných vzorcích.

Metodika experimentální práce se tedy skládá z následujících činností:

a) Výběr vzorků

- Tři druhy plechů (zinek, ocel standard, hliník), každý druh je zastoupen čtyřmi vzorky stejných rozměrů a vlastností.

b) Příprava vzorků před nanesením nátěrového systému

- Změření drsnosti profilometrem dle normy ČSN EN ISO 4287.
- Zaprášení tří vzorků od každého druhu podkladu vystavením prašnému prostředí.
- Určení stupně zaprášení dle normy ČSN ISO 8502-3.
- Odmaštění jednoho vzorku od každého druhu podkladu.

c) Návrh a aplikace nátěrového systému

- Navrhnutí povlaku.
- Aplikace nátěrového systému štětcem.
- Bezprostředně po nanesení se měřícím hřebem a dle postupu normy ČSN EN ISO 2808 zjistila tloušťka mokré vrstvy povlaku.

d) Operace po vytvrzení nátěrového systému

- Měření tloušťky suché vrstvy nátěru Elcometerem dle ČSN EN ISO 2808.
- Měření adheze pomocí mřížkové a křížové zkoušky dle ČSN EN ISO 16276-2.

e) Zhodnocení dosažených výsledků

- Porovnání dosažených výsledků na zaprášených podkladech a jejich srovnání s výsledky dosaženými na odmaštěných podkladech.

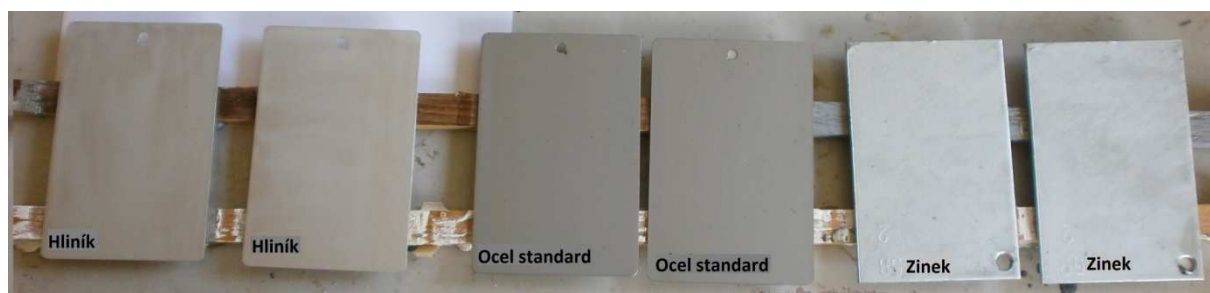
8. Metodika experimentální práce

8.1. Výběr vzorků

Jako vzorky, na které byl nanesen nátěrový systém, byly použity tři druhy plechových podkladů a od každého se vybraly tři vzorky, které se zaprášily. Pro srovnání se vybral ještě jeden vzorek, který se před natřením odmastil:

- Hliník – vytvořen válcováním, rozměry 102x152x0,81mm, jedná se o hliníkový panel vyrobený firmou Q-lab corporation. Vzorek nese název Alloy 3003H14.
- Ocel standard – vytvořená válcováním, rozměry 102x152x0,81mm, jedná se o ocelový panel vyrobený firmou Q-lab corporation. Vzorek je broušený a nese označení CRS SAE 1008/1010.
- Žárový zinek – zinek byl vytvořen na mikrolegované oceli s označením S355MC zinkováním ponorem. Rozměry: 100x150x2mm. Chemické složení ocele S355MC:

C	Mn	Si	P	S	N	Al
0,0429%	0,989%	0,02%	0,01%	0,007%	0,0069%	0,028%



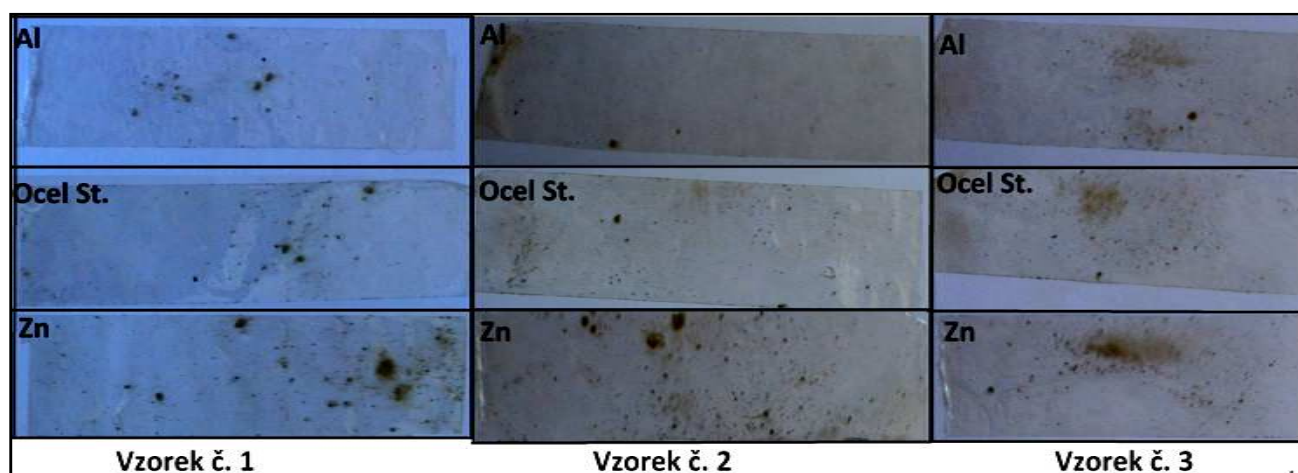
Obr. 14 – Dva zaprášené plechové vzorky od každého podkladu již s aplikovaným n.s.

8.2. Příprava vzorků před nanesením n.s.

Před nanesením nátěrového systému bylo na vybraných vzorcích provedeno zaprášení, určení jeho stupně, prozkoumání povrchu optickým mikroskopem a měření drsnosti.

8.2.1. Zaprášení a určení jeho množství

- Zaprášení – bylo vytvořeno exponováním vzorků v prašném prostředí.
- Stupeň zaprášení – určen dle ČSN ISO 8502-3, metodou snímání pásky. Bezprostředně před nanesením nátěrového systému se lepicí páskou sejmul prach a páska i s prachem se přiložila na kontrastní papír. Na základě prachu ulpělého na pásce se odhadem dle ČSN ISO 8502-3 určila kategorizace množství a velikost prachových částic. Viz následující obrázek a tabulka.



Obr. 15 – Lepicí pásky s ulpělým prachem z jednotlivých nalepené na kontrastním papíře

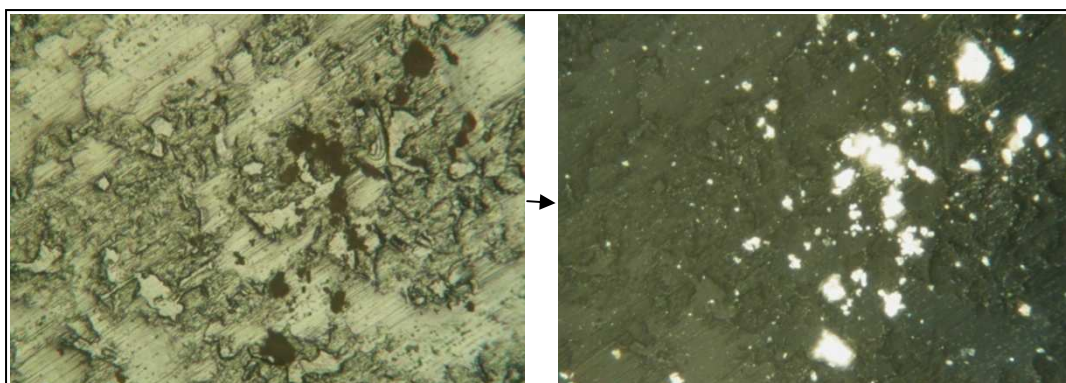
Tabulka 3 - Kategorizace velikosti/množství prachových částic ČSN ISO 8502-3

Vzorek	Množství prach. částic	Velikost prach. částic
Hliníkový podklad vzorek č.1	4	4
Hliníkový podklad vzorek č.2	2	3
Hliníkový podklad vzorek č.3	3	4
Ocelový (standard) podklad vzorek č.1	4	5
Ocelový (standard) podklad vzorek č.2	3	3
Ocelový (standard) podklad vzorek č.3	4	4
Zinkový podklad vzorek č.1	4	4
Zinkový podklad vzorek č.2	4	5
Zinkový podklad vzorek č.3	4	4

Dále byl zaprášený povrch jednotlivých povrchů prozkoumán optickým mikroskopem Neophot 2 s přiblížením 80x a poté byl zvýrazněn prach. Viz následující snímky:



Obr. 16 – Snímek ocelového povrchu



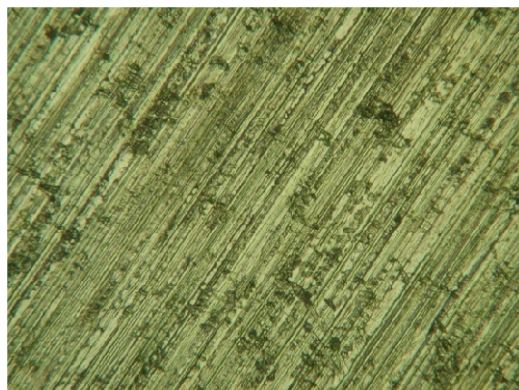
Obr. 17 – Snímek zaprášeného ocelového povrchu (vpravo je prach zvýrazněn)



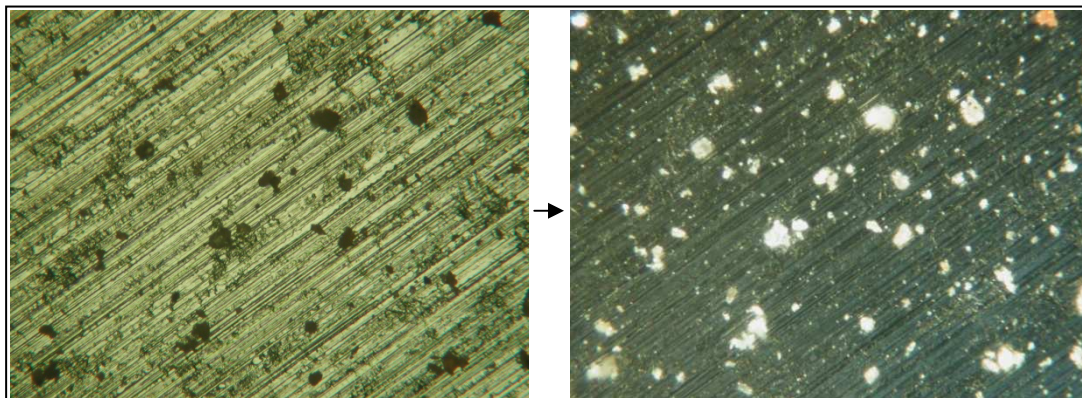
Obr. 18 – Snímek zinkového povrchu



Obr. 19 – Snímek zaprášeného zinkového povrchu (vpravo je prach zvýrazněn)



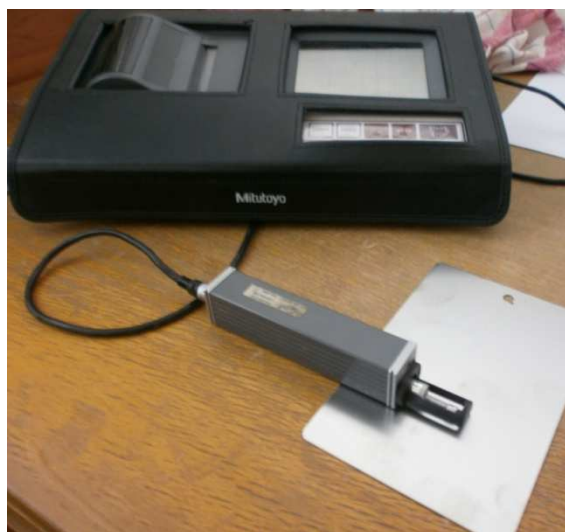
Obr. 20 – Snímek povrchu hliníku



Obr. 21 – Snímek zaprášeného ocelového povrchu (vpravo je prach zvýrazněn)

8.2.2. Měření drsnosti

Měření bylo prováděno dotykovým profilometrem značky Mitutoyo dle ČSN EN ISO 4287. Na jednom vzorku od každého druhu podkladu se provedlo deset měření a z toho v pěti z nich byla sonda na vzorek přiložena podélně a na zbylých pěti pak příčně. Výsledky měření se zapsaly do tabulek a jejich hodnoty se zprůměrovaly.



Obr. 22 – Dotykový profilometr Surftest 301 při měření drsnosti v příčném směru

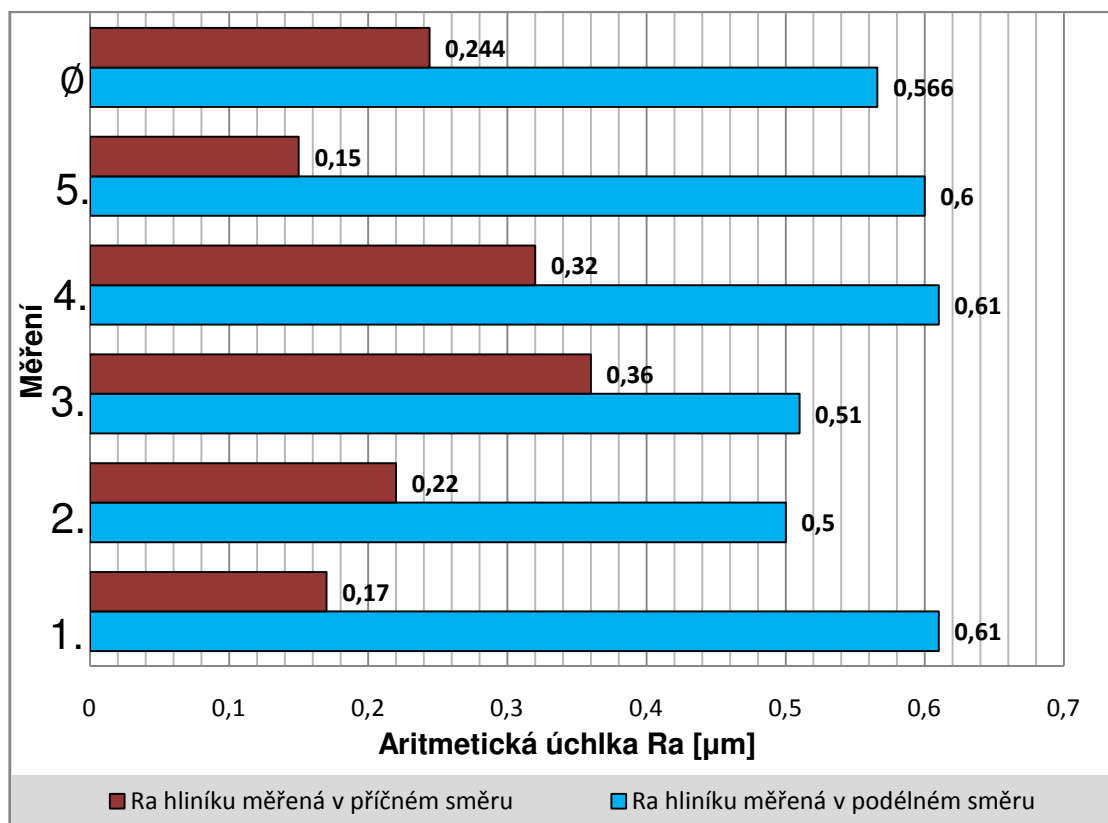
Tabulka 4 – Měření drsnosti na **hliníku**, směr podélný:

Směr měření: podélný (→)			Parametry: $\lambda_c=0,8$; L=4mm; ISO 97					
Měření	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Rp [μm]	Rv [μm]	Rsk [μm]	Rku [-]	Rio [-]
1.	0,61	2,66	0,74	1,49	1,96	-0,18	2,44	0,807
2.	0,50	2,24	0,61	1,25	1,60	-0,04	2,29	0,806
3.	0,51	2,25	0,63	1,29	1,61	-0,06	2,30	0,807
4.	0,61	2,51	0,78	1,74	2,13	-0,28	3,07	0,806
5.	0,60	2,50	0,77	1,70	2,09	-0,26	3,05	0,806
Min.	0,50	2,24	0,61	1,25	1,60	-0,28	2,29	0,806
Max.	0,61	2,66	0,77	1,74	2,13	-0,04	3,07	0,807
Průměr	0,566	2,432	0,706	1,494	1,878	-0,164	2,63	0,8064

Tabulka 5 - Měření drsnosti na **hliníku**, směr příčný:

Směr měření: příčný (↑)			Parametry: $\lambda_c=0,8$; L=4mm; ISO 97					
Měření	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Rp [μm]	Rv [μm]	Rsk [μm]	Rku [-]	Rio [-]
1.	0,17	0,85	0,22	0,53	0,77	-0,09	3,96	0,810
2.	0,22	0,94	0,21	0,49	0,70	-0,08	3,41	0,830
3.	0,36	1,78	0,58	1,20	0,89	0,88	4,77	0,802
4.	0,32	1,53	0,44	1,04	1,50	-0,40	4,45	0,802
5.	0,15	0,84	0,20	0,49	0,77	-0,08	4,00	0,820
Min.	0,15	0,84	0,20	0,49	0,70	-0,08	3,41	0,802
Max.	0,36	1,78	0,58	1,20	1,50	0,88	4,77	0,830
Průměr	0,244	1,188	0,330	0,750	0,926	0,046	4,118	0,8129

Graf 1 – Graf průměrné aritmetické úchlky (Ra) na hliníkovém povrchu



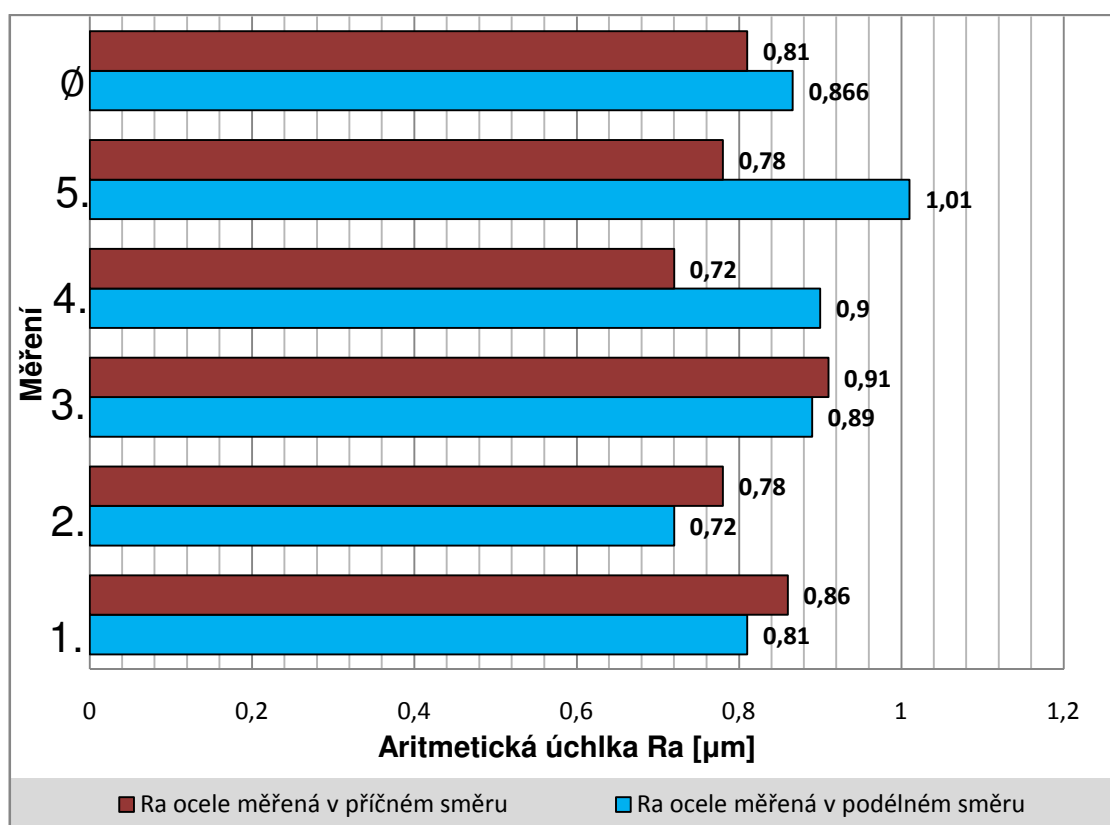
Tabulka 6 – Měření drsnosti na **oceli (standard)**, směr podélný:

Směr měření: podélný (→)			Parametry: $\lambda_c=0,8$; $L=4\text{mm}$; ISO 97					
Měření	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Rp [μm]	Rv [μm]	Rsk [μm]	Rku [-]	Rio [-]
1.	0,81	3,02	1,00	2,62	1,73	0,51	2,78	0,804
2.	0,72	2,71	0,89	2,12	1,68	0,49	2,57	0,804
3.	0,89	3,14	1,08	2,71	2,06	0,60	2,40	0,804
4.	0,90	3,19	1,15	3,00	1,98	0,59	3,65	0,804
5.	1,01	3,38	1,21	2,73	2,04	0,48	2,35	0,805
Min.	0,72	2,71	0,89	2,12	1,68	0,48	2,35	0,804
Max.	1,01	3,38	1,21	3,00	2,06	0,60	3,65	0,805
Průměr	0,866	3,088	1,066	2,636	1,898	0,534	2,75	0,8042

Tabulka 7 – Měření drsnosti na **oceli (standard)**, směr příčný:

Směr měření: příčný (↑)			Parametry: $\lambda_c=0,8$; L=4mm; ISO 97					
Měření	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Rp [μm]	Rv [μm]	Rsk [μm]	Rku [-]	Rio [-]
1.	0,86	3,26	1,08	2,82	1,99	0,48	2,99	0,804
2.	0,78	3,26	0,99	2,68	1,60	0,67	3,20	0,802
3.	0,91	3,33	1,15	3,10	2,00	0,57	3,10	0,804
4.	0,72	2,86	0,91	2,71	1,68	0,74	3,41	0,804
5.	0,78	3,12	0,99	3,06	1,81	0,64	3,36	0,803
Min.	0,72	2,86	0,91	2,68	1,60	0,48	2,99	0,802
Max.	0,91	3,33	1,15	3,10	2,00	0,74	3,41	0,804
Průměr	16,254	3,166	1,024	2,874	1,816	0,62	3,212	0,8034

Graf 2 – Graf průměrné aritmetické úchlky (Ra) na ocelovém povrchu



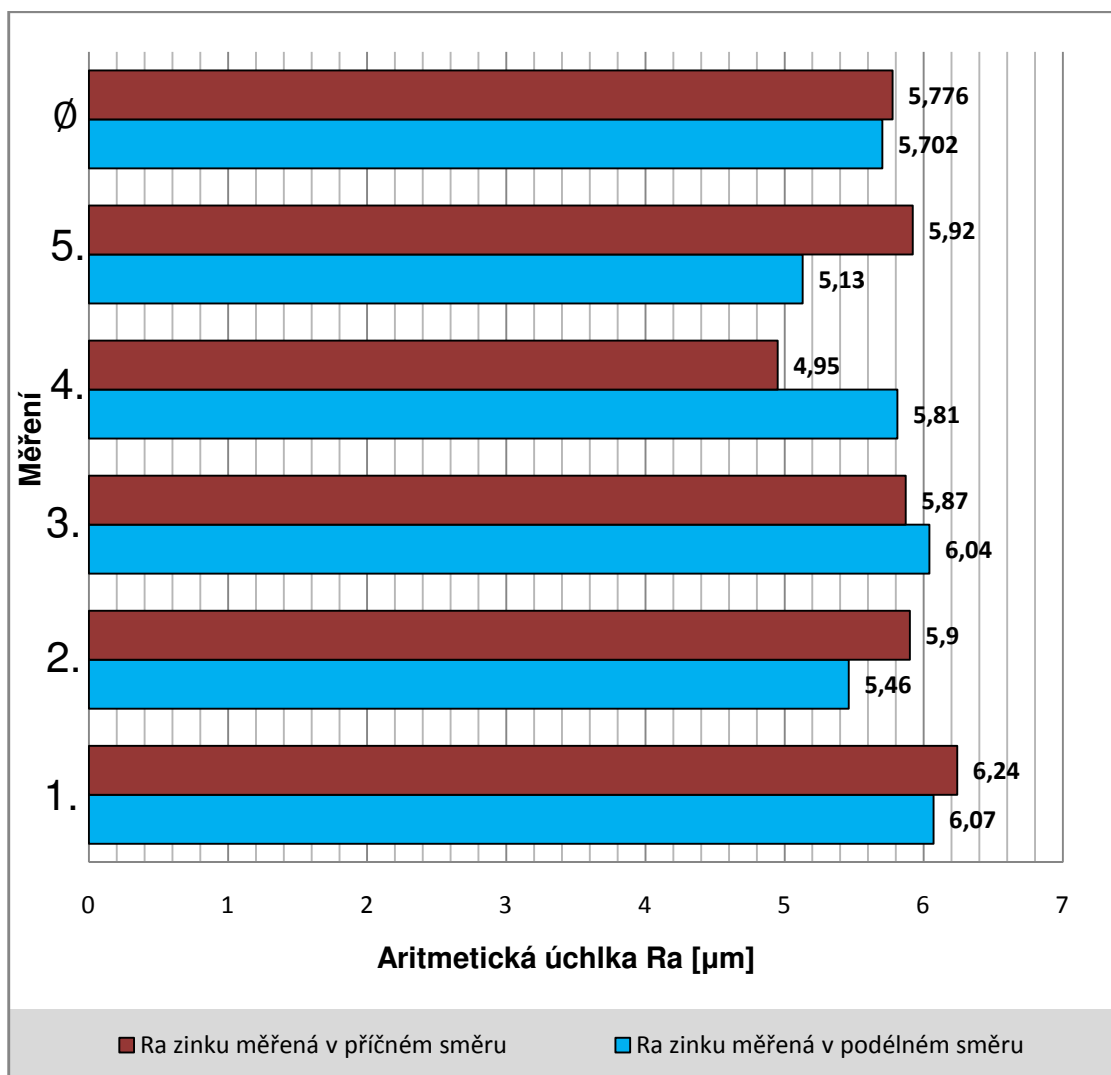
Tabulka 8 – Měření drsnosti na **žárovém zinku**, směr podélný:

Směr měření: podélný (→)			Parametry: $\lambda_c=2,5$; $L=12,5\text{mm}$; ISO 97					
Měření	Ra[μm]	Rz [μm]	Rq[μm]	Rp[μm]	Rv [μm]	Rsk[μm]	Rku [-]	Rio [-]
1.	6,07	35,54	7,67	21,89	13,65	0,59	3,20	2,513
2.	5,46	28,11	6,6	16,56	11,55	0,34	2,63	2,515
3.	6,04	33,19	7,60	20,49	12,7	0,65	3,14	2,512
4.	5,81	28,43	6,97	18,03	10,41	0,6	2,63	2,512
5.	5,13	31,60	6,53	19,05	12,56	0,59	3,54	2,510
Min.	5,13	28,11	6,53	16,56	10,41	0,34	2,63	2,510
Max.	6,07	35,54	7,67	21,89	13,65	0,65	3,54	2,515
Průměr	5,702	31,374	7,074	19,204	12,174	0,554	3,028	2,5124

Tabulka 9 – Měření drsnosti na **žárovém zinku**, směr příčný:

Směr měření: příčný (↑)			Parametry: $\lambda_c=2,5$; $L=12,5\text{mm}$; ISO 97					
Měření	Ra[μm]	Rz [μm]	Rq[μm]	Rp[μm]	Rv [μm]	Rsk[μm]	Rku [-]	Rio [-]
1.	6,24	29,85	7,47	17,11	12,74	0,24	2,32	2,509
2.	5,90	36,39	8,06	21,27	15,12	0,44	3,99	2,511
3.	5,87	27,72	7,02	16,14	11,58	0,58	2,36	2,507
4.	4,95	27,74	6,13	17,22	10,53	0,69	2,29	2,64
5.	5,92	30,00	7,21	15,54	14,47	-0,03	2,51	2,506
Min.	4,95	27,72	7,02	15,54	10,53	-0,03	2,29	2,506
Max.	6,24	36,39	8,06	21,27	15,12	0,69	3,99	2,64
Průměr	5,776	30,340	7,178	17,456	12,888	0,384	2,694	2,5346

Graf 3 – Graf průměrné aritmetické úchylky (Ra) na zinkovém povrchu



Z výsledků je vidět že nejdrsnější byl zinkový povrch (měl minimálně šestkrát větší Ra než ocel a hliník) s průměrnou asi Ra 5,74 µm. Pak ocelový povrch kde jeho průměrná Ra byla kolem 4,38 µm. Nejvíce hladký byl hliník, ten měl nejznatelnější rozdíl mezi příčným a podélným měřením, jeho průměrná Ra v podélném směru ($Ra=0,566\text{ }\mu\text{m}$) byla zhruba dvakrát větší než v příčném ($Ra= 2,44\mu\text{m}$).

8.2.3. Odmaštění vzorků

Od každého druhu podkladu se vybral jeden vzorek, který se očistil od prachu odmaštěním v odmašťovadle simple green s pH 10,49 zředěným 1:10 s vodou. Následně se sušil na 100°C po dobu 20 minut.

8.3. Návrh a aplikace nátěrového systému

Vzhledem k současnému vývoji nátěrových systémů navrhuji ochranný nátěrový systém, se kterým pracuje katedra mechanické technologie na VŠB. Tento systém byl natřen na všechny vzorky.

Použitý nátěrový systém je transparentní, vodou ředitelný nátěr s obsahem nanočástic. Jeho aplikace byla provedena ručním nanesením pomocí štětce.

8.3.1. Tloušťka mokré vrstvy nátěrového systému

Tloušťka mokré vrstvy se měřila pomocí hřebenové měrky, dle ČSN EN ISO 2808 a to bezprostředně po nanesení n.s. Průměrná tloušťka se pohybovala v rozmezí od 150 do 170 mikrometrů.



Obr. 23 – Hřebenová měrky

8.4. Měření po zaschnutí a vytvrzení nátěrového systému

8.4.1. Tloušťka suché vrstvy nátěrového systému

Měřeno po vytvrzení nátěru pomocí digitálního tloušťkoměru elkometeru 456. Jedná se tedy o nedestructivní metodu prováděnou dle ČSN EN ISO 2808. Princip je v odražení elektromagnetických vln od povrchu vzorku, jejich následném zpracování a vyobrazení na displeji elkometeru. Měřeny byly všechny vzorky. Výsledky jsou zaznamenány v následujících tabulkách.

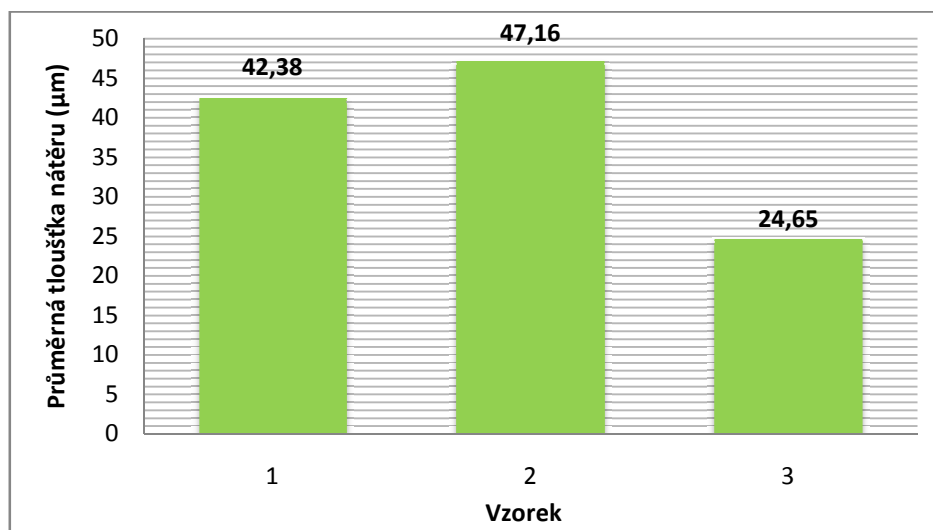


Obr. 24 – Elcometer 456

Tabulka 10 - Výsledků měření Elcometeru u **hliníkových** vzorků:

Hliník	1. vzorek	2. vzorek	3. vzorek
Počet měření	10	10	10
Průměrná tloušťka [μm]	42,38	47,16	24,65
Maximální tloušťka [μm]	56,3	69,1	37,9
Minimální tloušťka [μm]	24,4	29,7	10,6

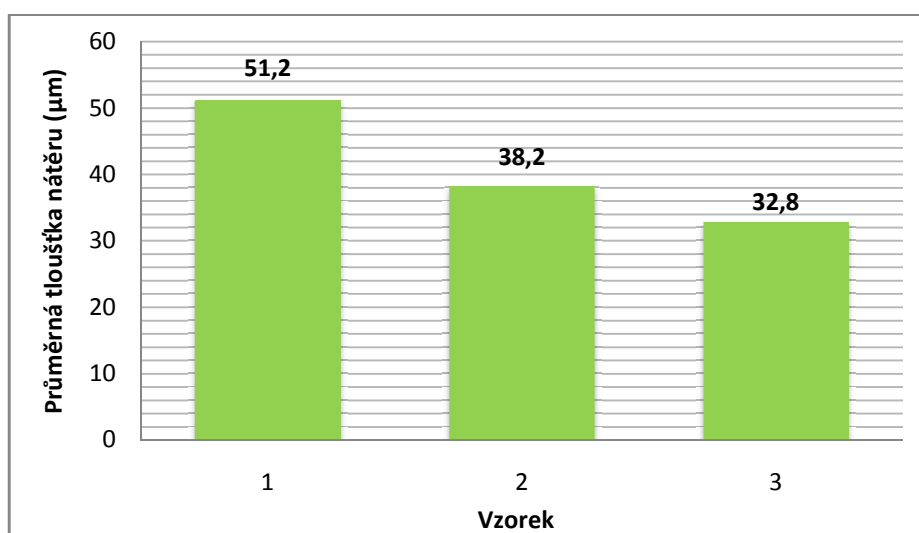
Graf 4 – Graf průměrné suché tloušťky nátěru na hliníkovém povrchu



Tabulka 11 - Výsledků měření Elkometeru u **ocelových (standard)** vzorků:

Ocel standard	1. vzorek	2. vzorek	3. vzorek
Počet měření	10	10	10
Průměrná tloušťka [μm]	51,2	38,2	32,8
Maximální tloušťka [μm]	67,1	55,7	44,7
Minimální tloušťka [μm]	38,0	23,7	20,7

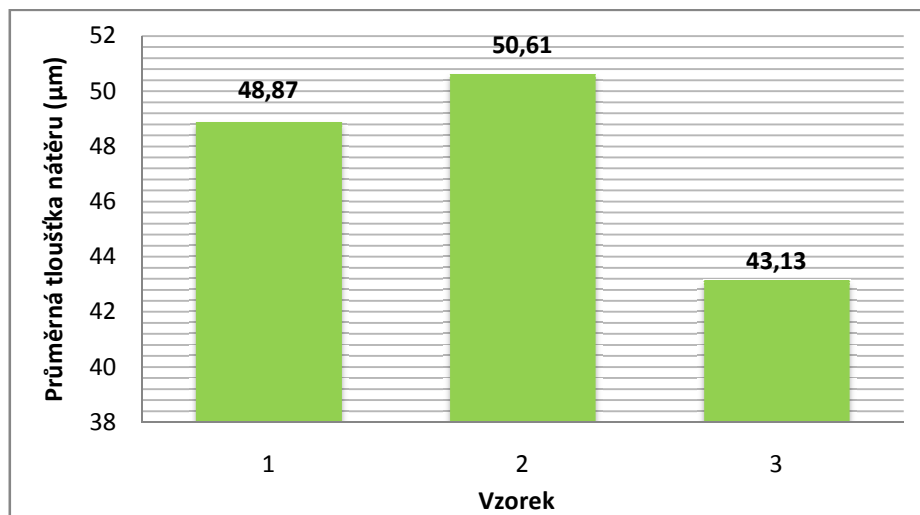
Graf 5 – Graf průměrné suché tloušťky nátěru na ocelovém povrchu



Tabulka 12 - Výsledků měření Elkometeru u **zinkových** vzorků:

Zinek	1. vzorek	2. vzorek	3. vzorek
Počet měření	10	10	10
Průměrná tloušťka [μm]	48,87	50,61	43,13
Maximální tloušťka [μm]	57,9	59,2	49,7
Minimální tloušťka [μm]	28,9	42,1	34,8

Graf 6 – Graf průměrné suché tloušťky nátěru na zinkovém povrchu



8.4.2. Zkouška adheze

Pro zjištění míry vlivu zaprášení podkladu na adhezi povlaku byla použita mřížková zkouška dle ČSN EN ISO 2409. Pokud byl výsledek zkoušky zařazen do kategorie nula nebo pokud výsledky na jednom vzorku příliš rozdílné, pak se navíc provedla křížová zkouška dle ČSN ISO 16276-2. Mřížová zkouška byla na každém vzorku uskutečněna třikrát.

Vzdálenost jednotlivých řezů byla určena dle ČSN EN ISO 2409, na základě tloušťky suché vrstvy povlaku. Ta je u každého vzorku menší než 60 μm a jelikož se jedná o tvrdé podklady, tak vzdálenost řezů spadá pro všechny vzorky do kategorie s řezy od sebe vzdálenými 1mm.

Na vytvoření řezů byl použit nůž, určený přímo na mřížkovou zkoušku s tloušťkou suchého povlaku do 60 μm a tvrdé podklady, se šesti břity vzdálenými od sebe 1 mm a vodící hranou. Na křížovou zkoušku se pak použil tenký, lámací nůž a řez se vedl pomocí šablony.



Obr. 25 – Nůž se šesti břity na mřížkovou zkoušku

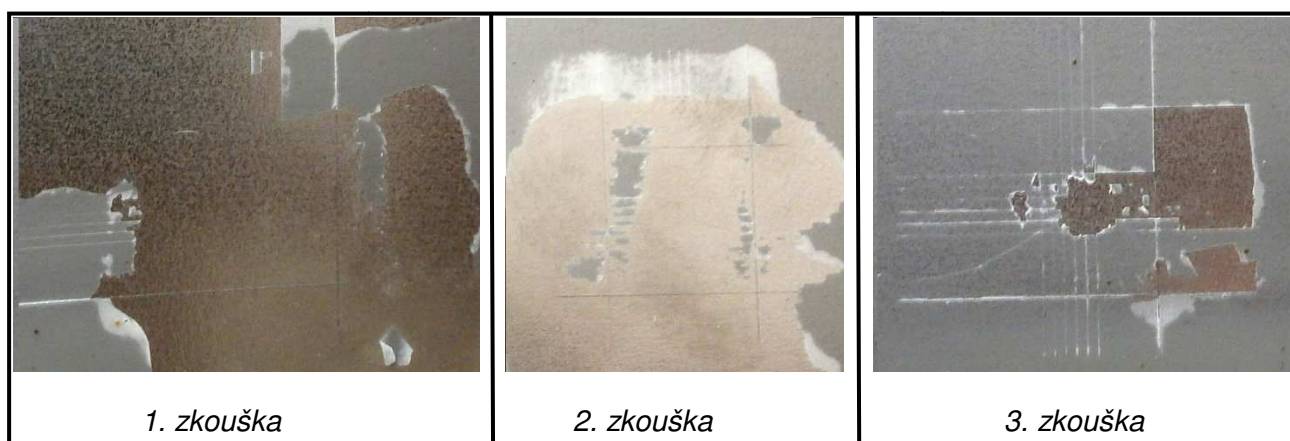


Obr. 26 – Šablona pro křížovou zkoušku

Řezy se očistily měkkým štětcem a nalepila se na ně 5cm široká samolepící páska. Ta se poté odtrhla a umístila se na bílý kontrastní papír. Vyhodnotilo se množství odtrženého nátěrového systému na vzorku. Výsledek zkoušky se posoudil vizuálně, bez použití lupy, na dobrém světle a z více úhlů.

8.4.1.1. Zkouška nátěrového systému na ocelovém podkladu

a) První vzorek



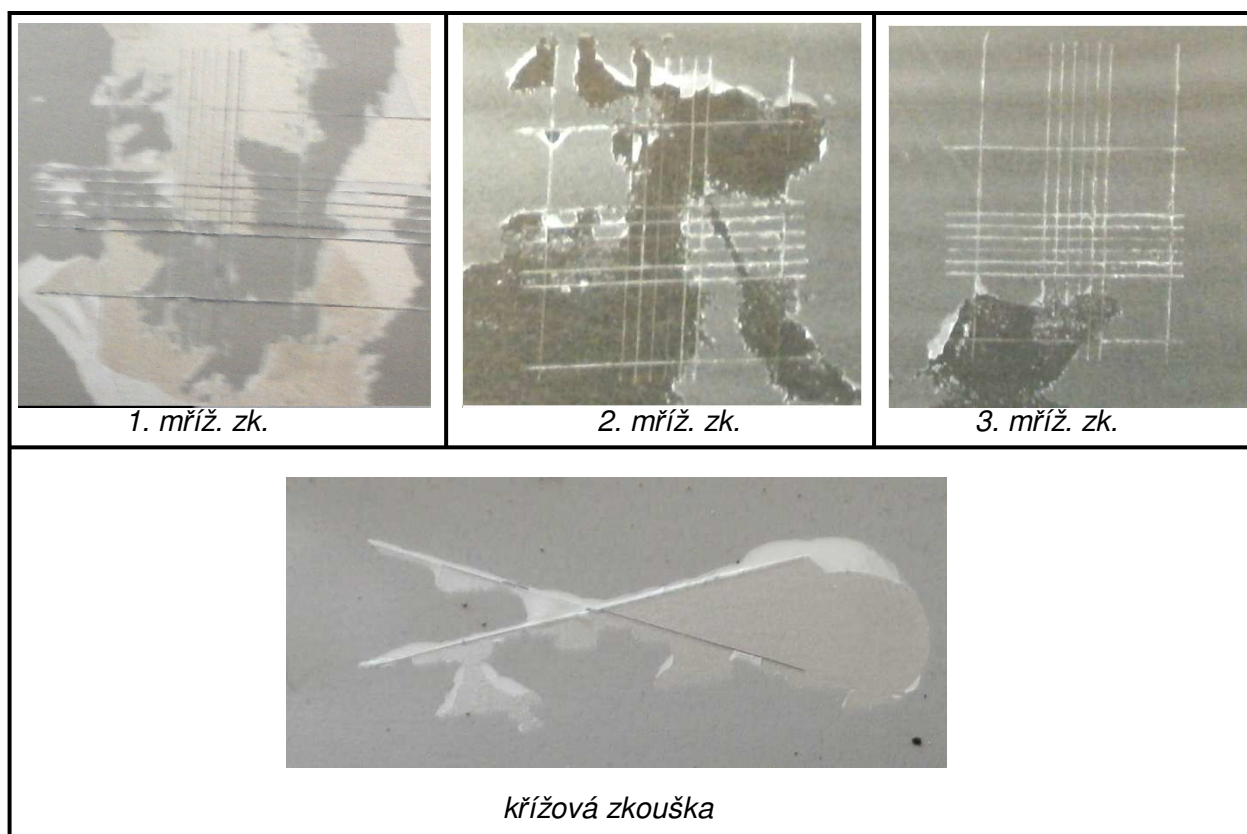
Obr. 27 – Poškození mřížky na 1. vzorku oceli standard

Vzhledem k naprostému odloupenutí povlaku u všech tří zkoušek, i místech mimo mřížku, jsem zařadil poškození do nejhorší kategorie, tedy páté. Křížový řez jsem neprovedl vzhledem k dostatečné průkaznosti výsledků mřížkové zkoušky.

Tabulka 13 – Výsledky mřížkové zkoušky na ocelovém podkladu 1. vzorku

Ocel st. 1. vzorek	1. zkouška	2. zkouška	3. zkouška
Kategorie poškození mříž. zk.	5	5	5

b) Druhý vzorek



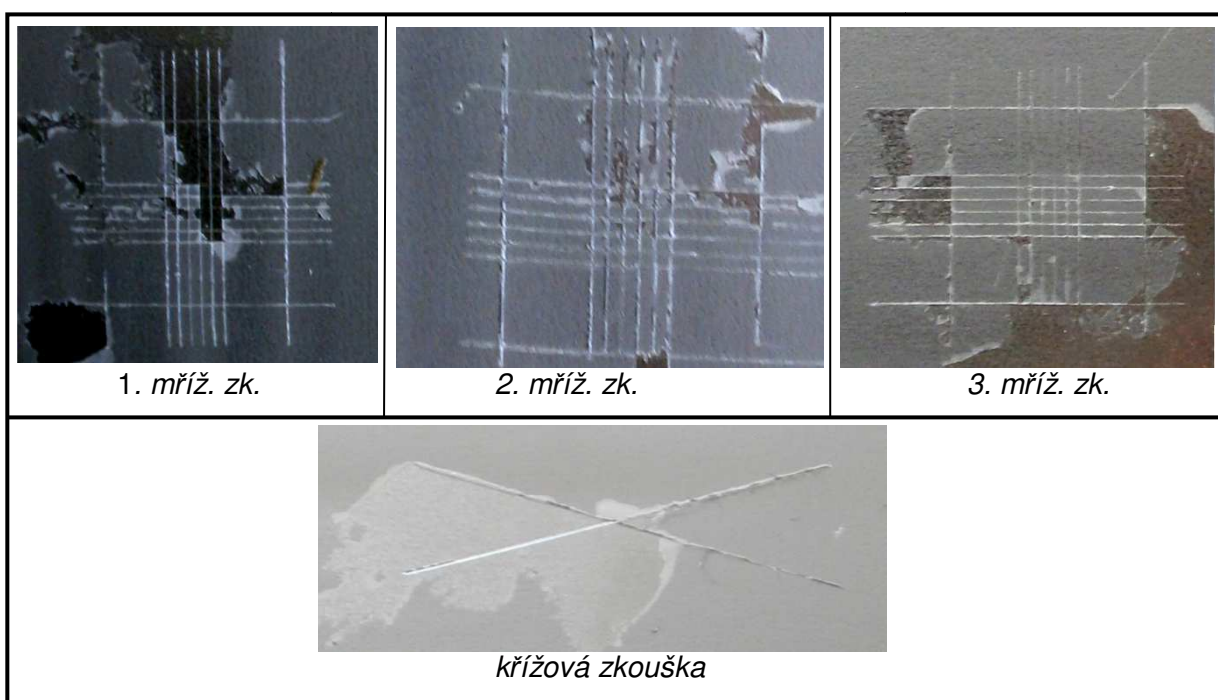
Obr. 28 – Poškození mřížky a kříže na 2. vzorku oceli standard

První i druhá mřížková zkouška dopadla obdobně jako u prvního vzorku (odloupnutí povlaku i místech mimo mřížku). U třetí zkoušky zůstala mřížka nepoškozena, povlak se však odloupł v místech mimo ni, proto jsem výsledek zařadil do třetí kategorie a dále provedl zkoušku křížovým řezem, který byl vyhodnocen jako pátá kategorie.

Tabulka 14 – Výsledky mřížkové a křížové zkoušky na ocelovém podkladu 2. vzorku

Ocel st. 2. vzorek	1. zkouška	2. zkouška	3. zkouška
Kategorie poškození mříž. zk.	5	5	3
Kategorie poškození kříž. zk.	5		

c) Třetí vzorek



Obr. 29 – Poškození mřížky a kříže na 3. vzorku oceli standard

První zkouška byla zařazena do páté kategorie. Druhá a třetí zkouška, vzhledem k poměrně nepoškozené mřížce a odloupenutí povlaku mimo ni, byla zařazena do kategorie třetí. Z důvodu odlišných výsledků jsem dále provedl křížovou zkoušku, kterou jsem zařadil do páté kategorie.

Tabulka 15 – Výsledky mřížkové a křížové zkoušky na ocelovém podkladu 3. vzorku

Ocel st. 3. vzorek	1. zkouška	2. zkouška	3. zkouška
Kategorie poškození mříž. zk.	5	3	3
Kategorie poškození kříž. zk.	5		

8.4.1.2. Zkouška nátěrového systému na hliníkovém podkladu

a) První vzorek



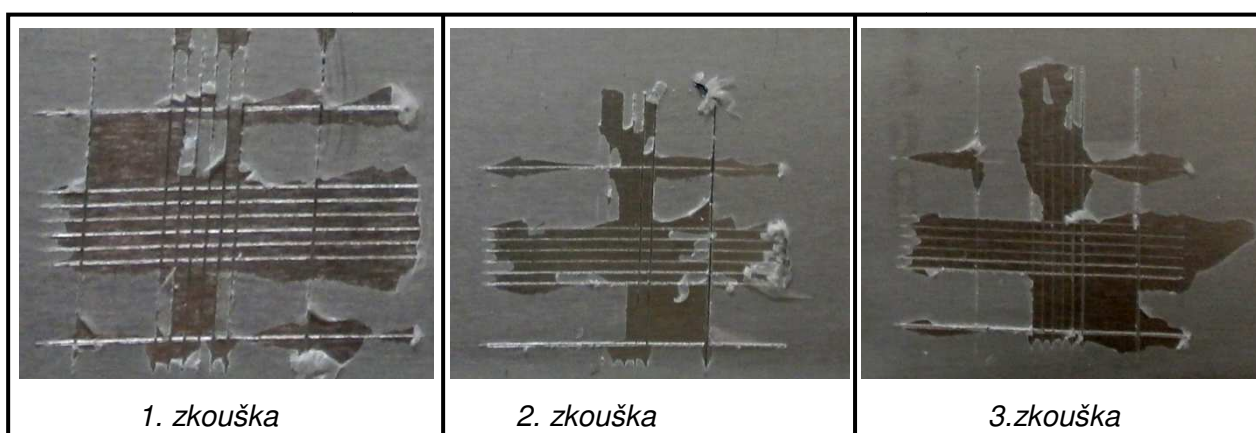
Obr. 30 – Sloupnutý povlak na hliníkovém podkladu u prvního vzorku

Vzhledem ke sloupnutí povlaku téměř po celé ploše vzorku, zařazují všechny zkoušky do kategorie páté.

Tabulka 16 – Výsledky mřížkové zkoušky na hliníkovém podkladu 1. vzorku

Hliník 1. vzorek	1. zkouška	2. zkouška	3. zkouška
Kategorie poškození mříž. zk.	5	5	5

b) Druhý vzorek



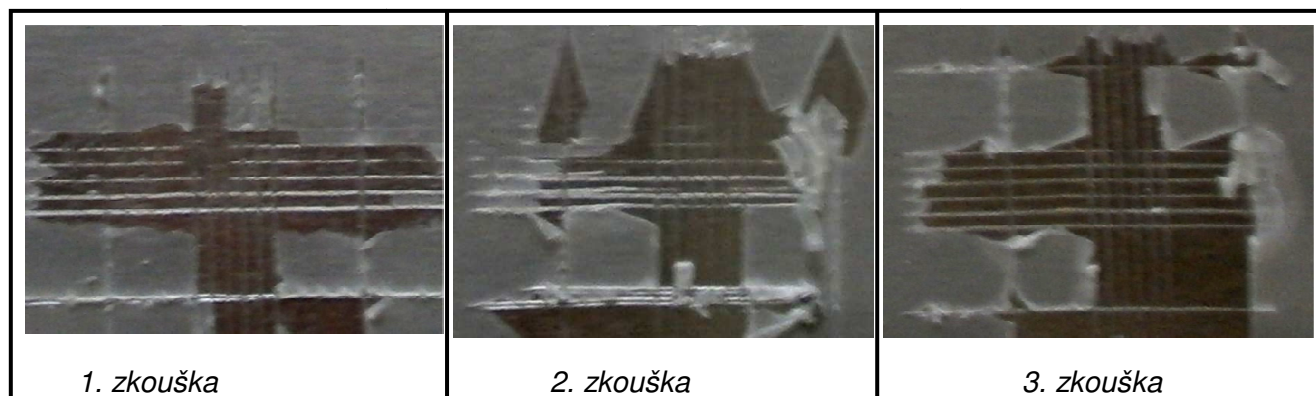
Obr. 31 – Poškození mřížky na 2. vzorku hliníku

Mřížové zkoušky, vzhledem k odloupení celé mřížky, byly zařazeny do kategorie páté a nebylo tak z důvodu dostatečné průkaznosti potřeba provádět křížovou zkoušku.

Tabulka 17 – Výsledky mřížkové zkoušky na hliníkovém podkladu 2. vzorku

Hliník 2. vzorek	1. zkouška	2. zkouška	3. zkouška
Kategorie poškození mříž. zk.	5	5	5

c) Třetí vzorek



Obr. 32 – Poškození mřížky na 3. vzorku hliníku

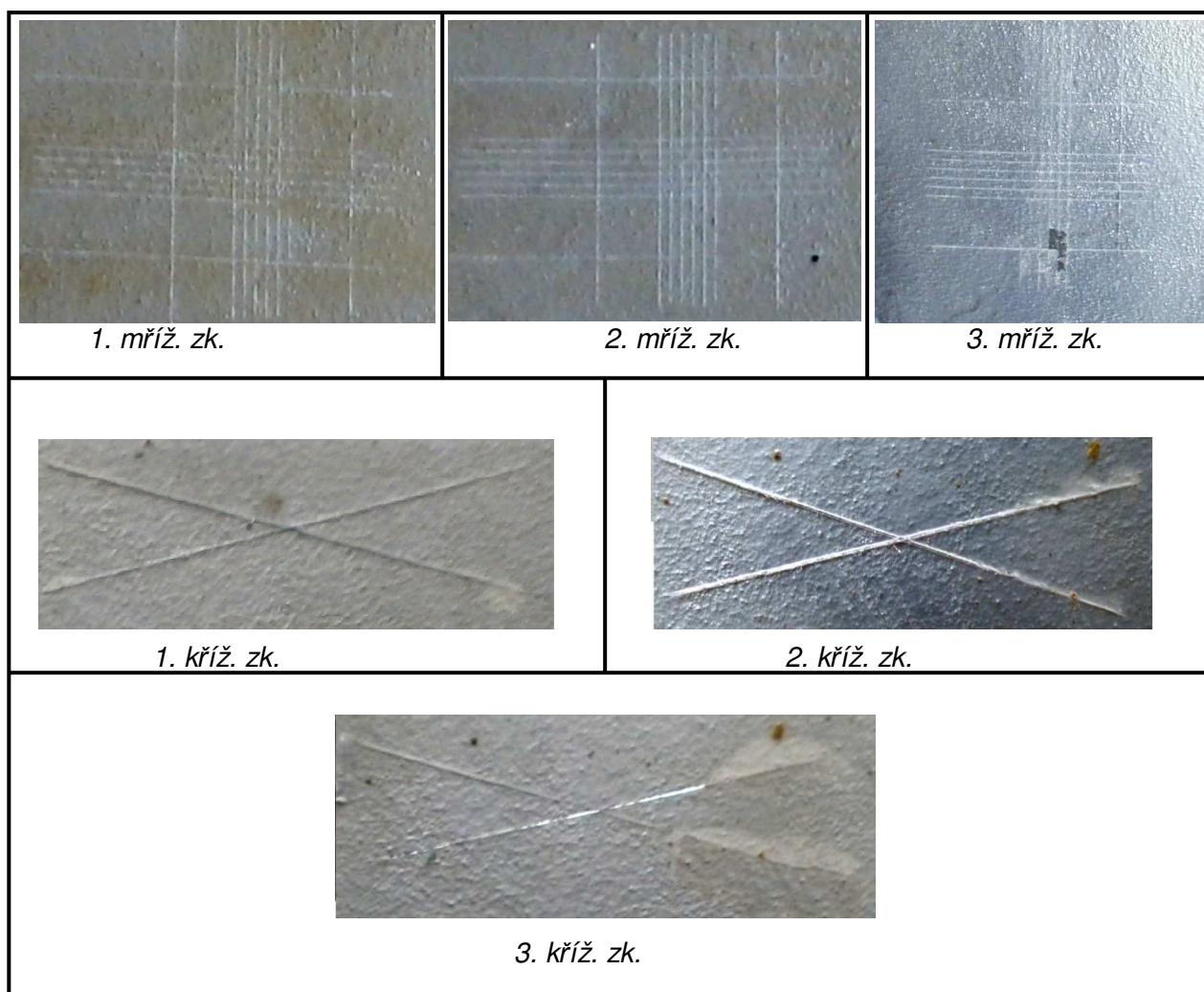
Všechny mřížkové zkoušky, stejně jako u druhého vzorku, byly zařazeny do kategorie páté z důvodu odloupení celé mřížky.

Tabulka 18 – Výsledky mřížkové zkoušky na hliníkovém podkladu 3. vzorku

Hliník 3. vzorek	1. zkouška	2. zkouška	3. zkouška
Kategorie poškození mříž. zk.	5	5	5

8.4.1.3. Zkouška nátěrového systému na zinkovém podkladu

a) První vzorek



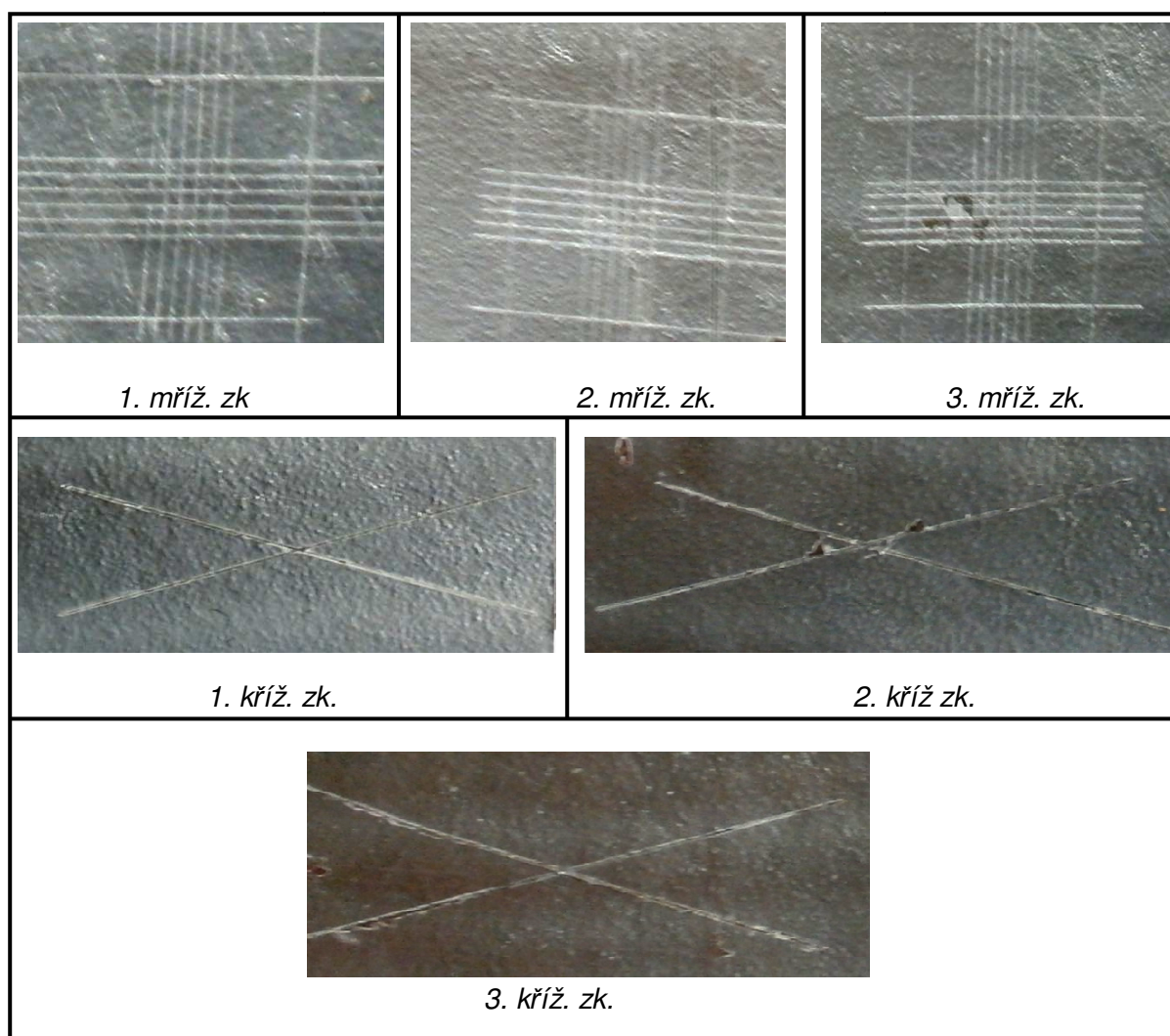
Obr. 33 – Poškození mřížky a kříže na 1. vzorku zinku

Poškození u první a druhé mřížkové zkoušky bylo nepatrné, proto jsem ho zařadil do kategorie nula. U třetí zkoušky sice zůstala mřížka celá, ale odlouplo se menší množství povlaku v místě, kde protíná pomocný řez část mřížky. To jsem kategorizoval jako poškození první kategorie. Dále jsem provedl tři křížové zkoušky. Povlak u prvního a druhého kříže byl poškozen na koncích řezů a proto jsem první a druhou křížovou zkoušku zařadil do druhé kategorie poškození. U třetí zkoušky bylo poškození větší a spadalo do třetí kategorie.

Tabulka 19 – Výsledky mřížkové a křížové zkoušky na zinkovém podkladu 1. vzorku

Žár. zinek 1. vzorek	1. zkouška	2. zkouška	3. zkouška
Kategorie poškození mříž. zk.	0	0	1
Kategorie poškození kříž. zk.	2	2	3

b) Druhý vzorek



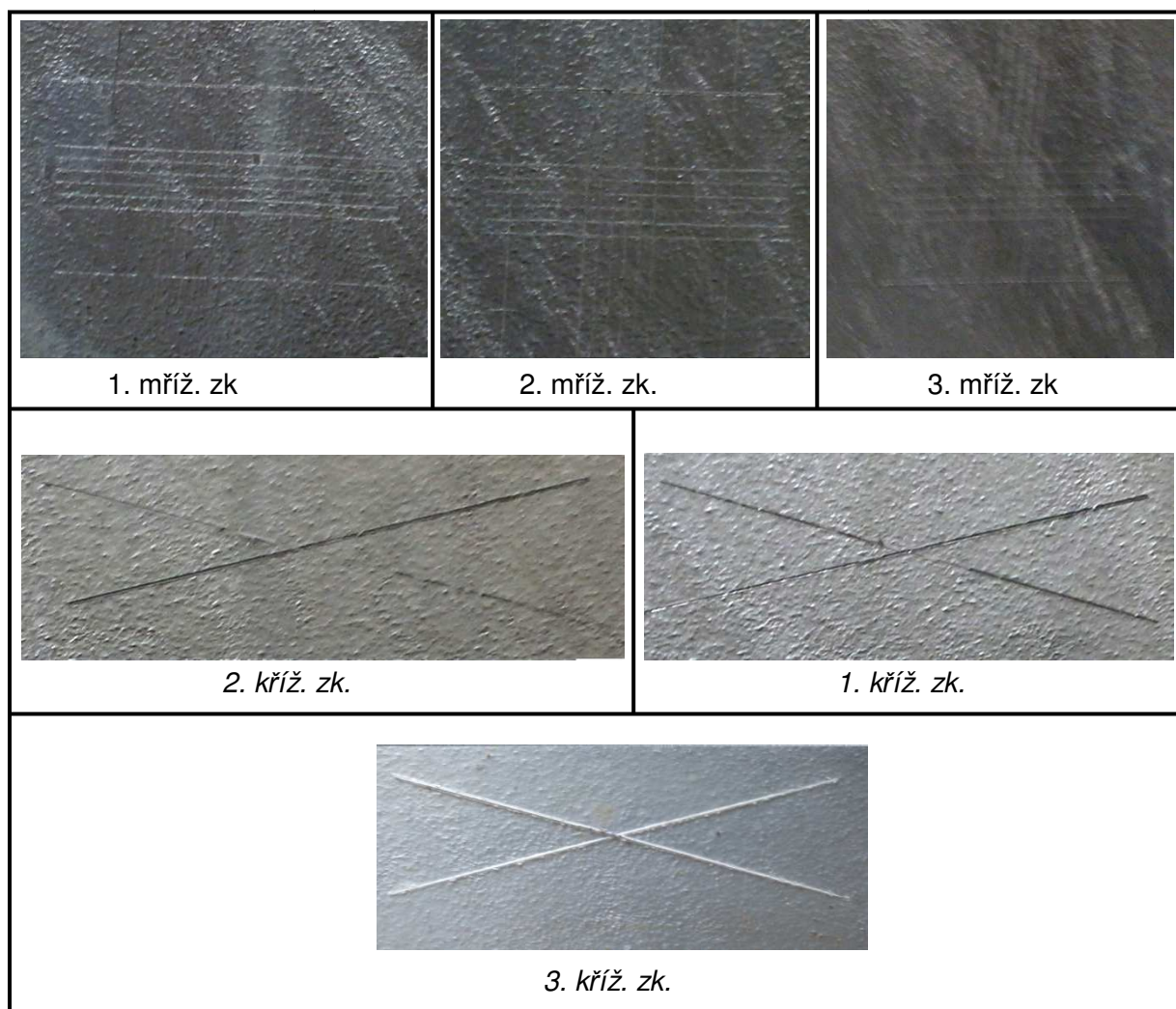
Obr. 34 – Poškození mřížky a kříže na 2. vzorku zinku

U druhého vzorku spadá první a druhá mřížková zkouška do kategorie poškození nula. U třetí je mírné poškození v oblasti mřížky, to jsem vyhodnotil jako poškození první kategorie. Dále jsem provedl tři křížové zkoušky. První kříž byl bez poškození. Druhý a třetí byl mírně poškozen v oblasti řezů a proto zkouška byla zařazena do kategorie první.

Tabulka 20 – Výsledky mřížkové a křížové zkoušky na zinkovém podkladu 2. vzorku

Žár. zinek 2. vzorek	1. zkouška	2. zkouška	3. zkouška
Kategorie poškození mříž. zk.	0	0	1
Kategorie poškození kříž. zk.	0	1	1

c) Třetí vzorek



Obr. 35 – Poškození mřížky a kříže na 3. vzorku zinku

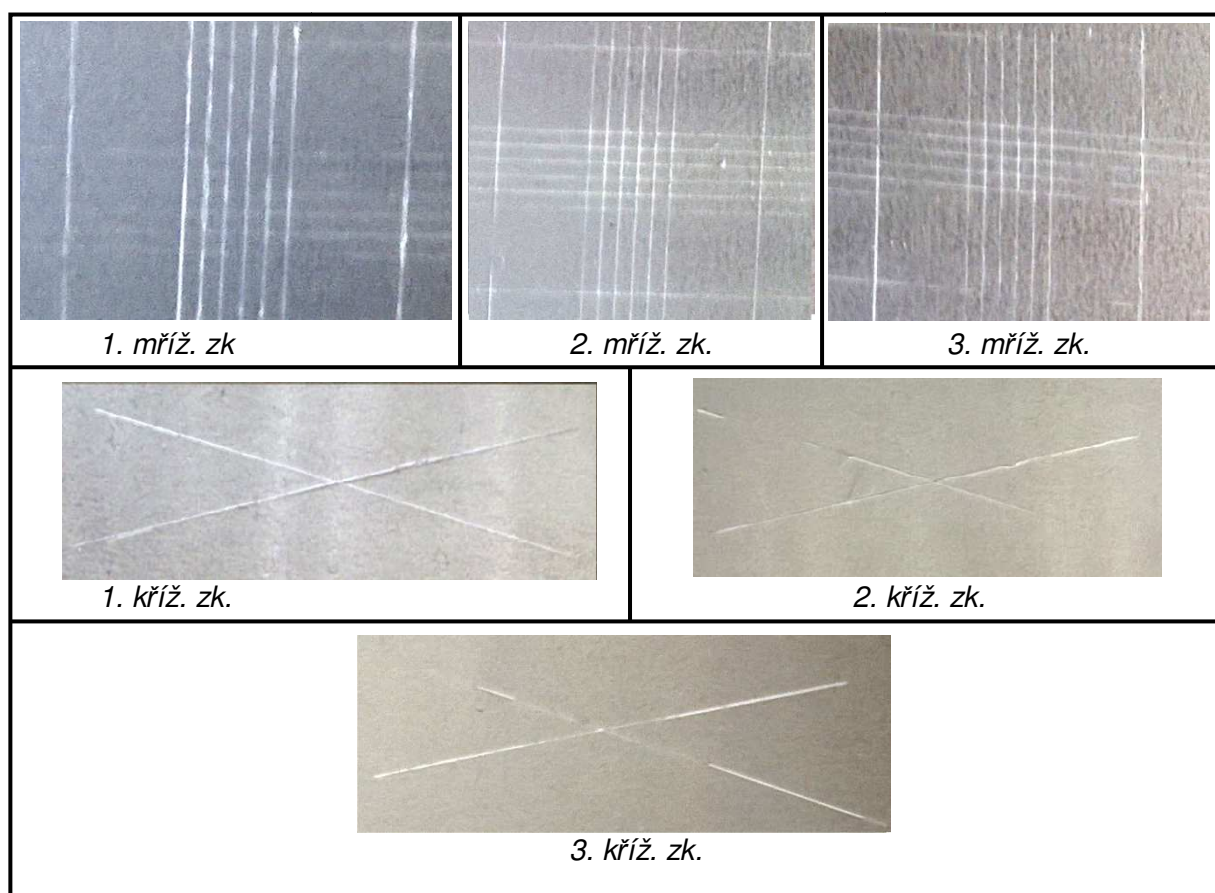
U druhého vzorku spadá první a druhá mřížková zkouška do kategorie poškození nula. U třetí je mírné poškození v oblasti mřížky, to jsem vyhodnotil jako poškození první kategorie. Dále jsem provedl tři křížové zkoušky. První a druhý kříž byl bez poškození. Třetí byl v oblasti konců řezů mírně poškozen, proto zkouška byla zařazena do kategorie první.

Tabulka 21 – Výsledky mřížkové a křížové zkoušky na zinkovém podkladu 3. vzorku

Žár. zinek 3. vzorek	1. zkouška	2. zkouška	3. zkouška
Kategorie poškození mříž. zk.	0	0	0
Kategorie poškození kříž. zk.	0	0	1

8.4.1.4. Zkoušky na očištěných podkladech

a) Ocel standard



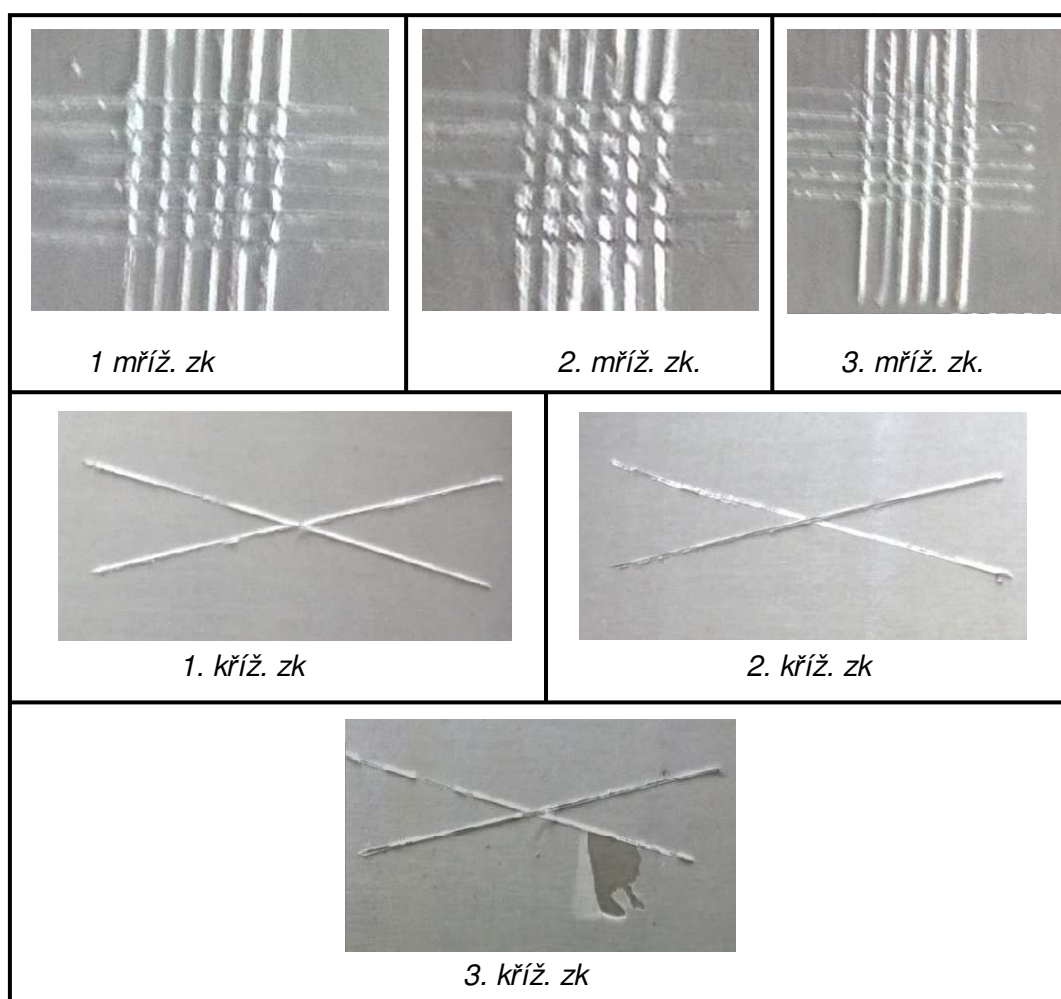
Obr. 36 – Poškození mřížky a kříže na n.s. na odmaštěném ocelovém podkladu

Všechny zkoušky (jak mřížková tak křížová) vyšly do kategorie nulté.

Tabulka 22 – Výsledky mřížkové a křížové zkoušky na odmaštěném ocelovém podkladu

	1. zkouška	2. zkouška	3. zkouška
Kategorie poškození mříž. zk.	0	0	0
Kategorie poškození kříž. zk.	0	0	0

b) Hliník



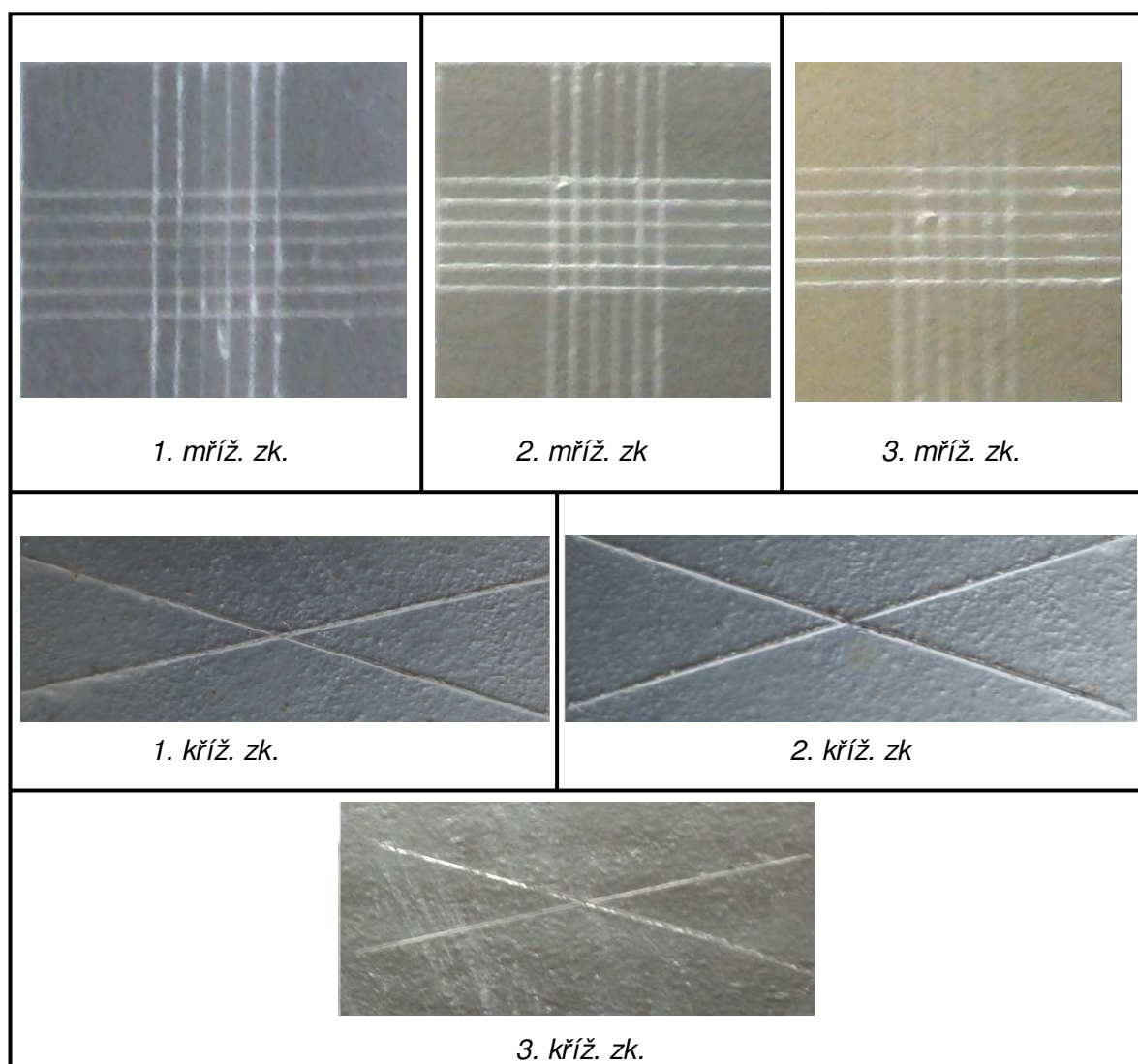
Obr. 37 – Poškození mřížky a kříže na n.s. na odmaštěném hliníkovém podkladu

Všechny mřížky byly bez poškození, takže se výsledek zařadil do nulté kategorie. První a druhý kříž byl též bez poškození, u třetího se po odtržení pásky odloupnul i kus povlaku a proto byl výsledek kategorizován do třetího stupně.

Tabulka 23 – Výsledky mřížkové a křížové zkoušky na odmaštěném hliníkovém podkladu

	1. zkouška	2. zkouška	3. zkouška
Kategorie poškození mříž. zk.	0	0	0
Kategorie poškození kříž. zk.	0	0	3

c) Zinek



Obr. 38 – Poškození mřížky a kříže na n.s. na odmaštěném zinkovém podkladu

Všechny mřížky a kříže byly bez poškození, takže se výsledek zařadil do nulté kategorie

Tabulka 24 – Výsledky mřížkové a křížové zkoušky *na odmaštěném zinkovém podkladu*

	1. zkouška	2. zkouška	3. zkouška
Kategorie poškození mříž. zk.	0	0	0
Kategorie poškození kříž. zk.	0	0	0

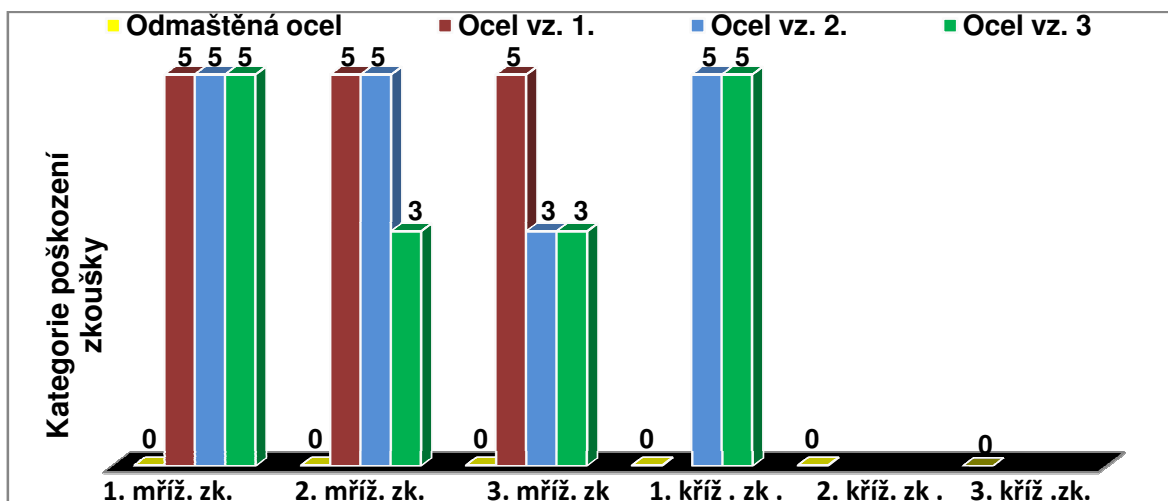
8.4.1.5. Porovnání a zhodnocení výsledků

Výsledky mřížkových a křížových zkoušek jsem zaznamenal do následující tabulky a grafů, z kterých se vyvodil závěr. Pokud není u křížové zkoušky výsledek, znamená to, že se neprováděla z důvodu průkaznosti a jednoznačnosti předchozích zkoušek.

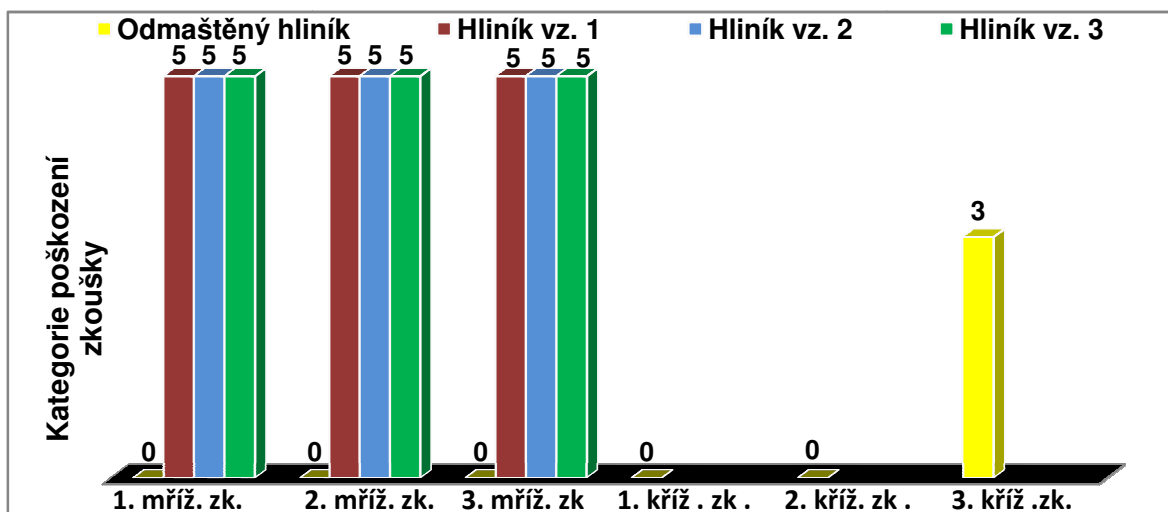
Tabulka 25 – Výsledky mřížkových a křížových zkoušek

Vzorek	Kategorie poškození mřížkové zkoušky			Kategorie poškození křížové zkoušky		
	1. zk.	2. zk.	3. zk.	1. zk.	2. zk.	3. zk.
Ocel standard 1. vzorek	5	5	5	-	-	-
Ocel standard 2. vzorek	5	5	3	5	-	-
Ocel standard 3. vzorek	5	3	3	5	-	-
Hliník 1. vzorek	5	5	5	-	-	-
Hliník 2. vzorek	5	5	5	-	-	-
Hliník 3. vzorek	5	5	5	-	-	-
Žárový zinek 1. vzorek	0	0	1	2	2	3
Žárový zinek 2. vzorek	0	0	1	0	1	1
Žárový zinek 3. vzorek	0	0	0	0	0	1
Odmaštěná ocel	0	0	0	0	0	0
Odmaštěný hliník	0	0	0	0	0	3
Odmaštěný zinek	0	0	0	0	0	0

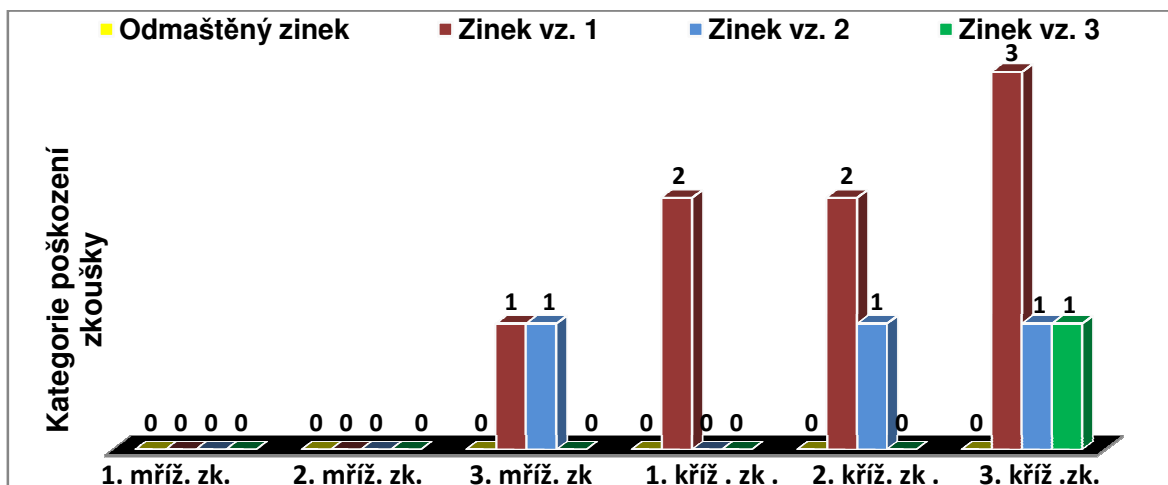
Graf 7 – Výsledky mřížkových a křížových zkoušek u ocelových vzorků



Graf 8 – Výsledky mřížkových a křížových zkoušek u hliníkových vzorků



Graf 9 – Výsledky mřížkových a křížových zkoušek u zinkových vzorků



Závěr:

Úkolem teoretické části bylo popsat mechanismus adheze povlaku na kovový podklad a znečištění povrchu kovu. V práci je však nejdříve nastíněn povrch a jeho význam pro strojírenství, popsán povlak jako nástroj pro změnu povrchu, způsoby nanášení a především jeho druhy. Ač tyto kapitoly nejsou přímo zadány, souvisí se zadanými hlavními body teoretické částí. Až poté je tedy definován pojem adheze a faktory, které ji ovlivňují, jako profil povrchu, smáčecí schopnost povlaku, čistota povrchu. Dále je popsán mechanismus znečištění povrchu, způsoby analýzy nečistot a metody používané pro očištění. Nakonec teoretická část obsahuje přehled základních adhezních zkoušek.

Praktická část měla za úkol navrhnout nátěrový systém a jeho aplikaci na zaprášený povrch, dále navrhnout metodiku experimentu, provést experiment a zpracovat technickou zprávu. V úvodu praktické části je tedy návrh metodiky experimentální práce a následně popsán experiment. V závěru jsou výsledky zaznamenány do přehledné tabulky z důvodu snadného srovnání výsledků.

Výsledek praktické části:

Na zaprášeném ocelovém a hliníkovém podkladu měl povlak tak malou přilnavost že se u většiny zkoušek odtrhl dokonce i v místech mimo mřížku. Při srovnání s odmaštěným ocelovým a hliníkovým podkladem je jasně vidět význam znečištění prachem na přilnavost povlaku. Proto bych v tomto případě jasně doporučil před nanesením nátěrového systému plochu důkladně očistit od prachových částic, které způsobují značný pokles adheze povlaku, například odmaštěním.

U zaprášeného zinkového podkladu však povlak vykazoval přilnavost výbornou, i přesto že zinkové vzorky měly největší stupeň zaprášení. Při srovnání nátěru aplikovaném na odmaštěném zinku je patrna u dvou ze tří zaprášených vzorků mírně snížená adheze, u třetího je však výsledek naprosto stejný.

Dle dosažených výsledků a s přihlédnutím k parametrům vlastností podkladu i povlaku lze vyvodit, že nátěrový systém nanesený na zaprášený podklad z oceli standard nebo hliníku má neuspokojivou přilnavost a je proto nezbytné, aby se před jeho nanesením povrch očistil od prachu, zatímco nátěrový systém aplikovaný na zaprášený zinkový podklad vykazuje naopak adhezi velice slušnou a tudíž není potřeba před jeho nanesením odstraňovat prach.

Literatura:

- [1] Aplikace povlaků. 2015. *CemeCon: Incorporation Coating Technology into your business* [online]. [cit. 2015-05-12]. Dostupné z: <http://www.cemecon.cz/povlakovani/>
- [2] NOVÁK, Pavel a Jaroslav BYSTRIANSKÝ. *Koroze materiálu pro restaurátory. ÚSTAV KOVOVÝCH MATERIÁLŮ A KOROZNÍHO INŽENÝRSTVÍ. Old.vscht.cz* [online]. [cit. 2015-01-20]. Dostupné z: http://old.vscht.cz/met/stranky/vyuka/predmety/koroze_materialu_pro_restauratory/kadm/pdf/1_4.pdf
- [3] MAJEROVÁ, Nikol. *Technologie povrchových úprav kovových* [online]. Brno, 25. 5. 2010 [cit. 2015-01-20]. Dostupné z: http://is.muni.cz/th/269531/prif_b/Bc._p. Bakalářský projekt. Masarykova univerzita. Vedoucí práce doc. RNDr. Libuše Trnková, CSc.
- [4] Tribológia: *Zkušební metody pro hodnocení přilnavosti organických povlaků. BENĚŠOVÁ, J. a M. PARÁKOVÁ. Tribotechnika: Časopis o tření, opotřebování a mazání* [online]. [cit. 2015-01-20]. Dostupné z: <http://www.tribotechnika.sk/tribotechnika-52013/zkusebni-metody-pro-hodnoceni-prilnavosti-organickych->
- [5] Nanocon: *Vývojové trendy v použití ochranných povlaků. DOBROVODSKÁ, L., J. PODJUKLOVÁ, K. HRABOVSKÁ, T. LANÍK, K. PELIKÁNOVÁ a V. V. MENŠIKOV. Nanocon* [online]. Rožnov pod Radhoštěm, 2009 [cit. 2015-01-20]. Dostupné z: http://www.nanocon.eu/files/proceedings/nanocon_09/Lists/Papers/089.pdf
- [6] MAJEROVÁ, Nikol. METAL 2014. *Vliv změny drsnosti povrchu na přilnavost.* [online]. Hradec nad Moravicí, 22.-24.5.2007 [cit. 2015-01-20]. Dostupné z: http://www.metal2014.com/files/proceedings/metal_07/Lists/Papers/182.pdf
- [7] KATRENIÁK, Pavel. *Adhesivní pevnost zinkových povlaků* [online]. Brno, 2011 [cit. 2015-01-20]. Dostupné z: http://is.mendelu.cz/zp/portal_zp.pl?prehled=vyhledavani;podrobnosti=38511;download_prace=1. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně. Vedoucí práce doc. Ing. Michal Černý, CSc.
- [8] Lakovna: *laboratorní zkoušky povrchových úprav. VÁLA, Jaroslav. Lakovna: Poradenství v oblasti povrchových úprav* [online]. [cit. 2015-01-20]. Dostupné z: http://www.lakovna.cz/?page_id=8
- [9] Kontrola kvality. 2015. *CemeCon: Incorporation Coating Technology into your business* [online]. [cit. 2015-01-20]. Dostupné z: <http://www.cemecon.cz/technologie/kontrola-kvality.aspx>
- [10] ING. FOŘT, Tomáš. *Charakterizace nanostruktur deponovaných PVD a CVD technologiemi* [online]. Brno, 2009 [cit. 2015-01-20]. ISBN 80-214-. Dostupné z: http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=20276. Disertační práce. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. Vedoucí práce Ing. JAROSLAV SOBOTA, CSc.
- [11] KRAUS, V. *Povrchy a jejich úpravy* [online]. Západočeská univerzita v Plzni, 2006-07-08, [cit. 2012-04-21]. Dostupné z: <http://tzs.kmm.zcu.cz/POUcelk.pdf>

- [12] MOHYLA, M. *Technologie povrchových úprav kovů*. Učební texty VŠB - TU Ostrava, 2006, 3. vyd. 156 s. ISBN 80-248-1217-7.
- [13] ING. KREISLOVÁ, Kateřina. *Metody hodnocení znečištění povrchu*. MM průmyslové spektrum. 2004, č. 10. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/metody-hodnoceni-znecisten-povrchu.html>
- [14] Povrcháři [online]. 2008 [cit. 2015-04-05]. ISSN 1802-9833. Dostupné z: http://povrchari.cz/kestazeni/200809_povrchari.pdf
- [15] ČSN EN ISO 2409. *Nátěrové hmoty: Mřížková zkouška*. 3. vyd. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [16] BC. DVOŘÁK, Radek. *Využití syntetických jednovrstevných nátěrových hmot v ochraně proti korozi* [online]. Brno, 2008 [cit. 2015-01-20]. Dostupné z: is.mendelu.cz/zp/portal_zp.pl?prehled=vyhledavani;podrobnosti=25499;download_prace=1. Diplomová práce. Vedoucí práce Doc. Ing. Marta Ščerbejová, CSc.
- [17] Elektrostatika: *Aplikace elektrostatiky*. Spssvsetin [online]. [cit. 2015-04-07]. Dostupné z: http://www.spssvsetin.cz/index.htm_files/dumy/05/el-4.htm
- [18] Hodnocení přilnavosti nátěru. 2008. ATRYX [online]. [cit. 2015-05-12]. Dostupné z: <http://www.atryx.cz/prakticka-prirucka/hodnoceni-prilnavosti/>
- [19] ČSN ISO 8502-3. *Příprava ocelových podkladů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků - Zkoušky pro vyhodnocení čistoty povrchu - Část 3: Stanovení prachu na ocelovém povrchu připraveném pro natírání (metoda snímání samolepicí páskou)*. Praha: Český normalizační institut, 2007
- [20] ŠŇUPÁREK, Petr a Martin MAREK. *Technická dokumentace: Drsnost povrchu*. Fakulta elektrotechniky a informatiky [online]. s. 15 [cit. 2015-04-08]. Dostupné z: http://fei1.vsb.cz/kat410/studium/studijni_materialy/td/01-textyVSB/005_Drsnost%20povrchu.pdf
- [21] OVMТ: *Drsnost povrchu*. SSŠE: Brno [online]. 2004, s. 14 [cit. 2015-04-08]. Dostupné z: files.ovmt.webnode.cz/200000030-3094f328a0/Drsnost%20povrchu.pdf
- [22] Adheze. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2015-04-08]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Adheze#Druhy_adheze
- [23] Otryskávání. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2015-04-08]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Otrysk%C3%A1v%C3%A1n%C3%AD>
- [24] ČSN EN ISO 2808. *Nátěrové hmoty - Stanovení tloušťky nátěru*. Praha: Český normalizační institut, 2000.
- [25] Měřicí a laboratorní přístroje pro hodnocení kvality barev, laků a podobných produktů a kvality povrchových úprav. 2009. *NDT1 KRAFT: Manufacture of Nondestructive Testing Devices* [online]. [cit. 2015-05-12]. Dostupné z: <http://www.ndtone.com/cze/mech.cze.htm>

- [26] ČSN EN ISO 16276-2. *Ochrana ocelových konstrukcí proti korozi ochrannými nátěrovými systémy – hodnocení a kritéria přijetí adheze/koheze (odtrhová pevnost) povlaku – část 2: Mřížková zkouška a křížový řez*. Praha: Český normalizační institut, 2008.
- [27] ING. FOŘT, Tomáš. *Charakterizace nanostruktur deponovaných PVD a CVD technologiemi* [online]. Brno, 2009 [cit. 2015-01-20]. ISBN 80-214-. Dostupné z: http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=20276. Disertační práce. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. Vedoucí práce Ing. JAROSLAV SOBOTA, CSc.
- [28] ČSN EN ISO 16276-1. *Ochrana ocelových konstrukcí proti korozi ochrannými nátěrovými systémy – hodnocení a kritéria přijetí adheze/koheze (odtrhová pevnost) povlaku – část 1: Odtrhová zkouška*. Praha: Český normalizační institut, 2008.

Seznam obrázků

Obr. 1	Opticky vyleštěný povrch polykrystalického vzorku	- 9 -
Obr. 2	Princip nanášení barvy v elektrostatickém poli	- 14 -
Obr. 3	Schéma nanášení plastů naválcováním	- 16 -
Obr. 4	Schéma profilu povrchu	- 23 -
Obr. 5	Drsnoměr značky Tesa a princip snímání povrchu	- 24 -
Obr. 6	Smáčení povrchu	- 24 -
Obr. 7	Obrazová stupnice odpovídající množství prachu	- 27 -
Obr. 8	Princip odtrhové zkoušky	- 32 -
Obr. 9	Průřez jednobřitého nože pro mřížkovou metodu	- 33 -
Obr. 10	Příklad klasifikace mřížkové zkoušky	- 33 -
Obr. 11	Vlevo špatný výsledek kalo testu, vpravo správný výsledek kalo testu	- 34 -
Obr. 12	Schéma vrypové zkoušky	- 35 -
Obr. 13	Princip měření tloušťky měřícím hřebem	- 35 -
Obr. 14	Dva zaprášené plechové vzorky od každého podkladu již s aplikovaným n.s.	- 37 -
Obr. 15	Lepicí pásky s ulpělým prachem z jednotlivých nalepené na kontrastním papíře	- 38 -
Obr. 16	Snímek ocelového povrchu	- 39 -
Obr. 17	Snímek zaprášeného ocelového povrchu (vpravo je prach zvýrazněn)	- 39 -
Obr. 18	Snímek zinkového povrchu	- 39 -
Obr. 19	Snímek zaprášeného zinkového povrchu (vpravo je prach zvýrazněn)	- 39 -
Obr. 20	Snímek povrchu hliníku	- 40 -
Obr. 21	Snímek zaprášeného ocelového povrchu (vpravo je prach zvýrazněn)	- 40 -
Obr. 22	Dotykový profilometr SurfTest 301 při měření drsnosti v příčném směru	- 40 -
Obr. 23	Hřebenová měrka	- 45 -
Obr. 24	Elcometer 456	- 46 -
Obr. 25	Nůž se šesti břity na mřížkovou zkoušku	- 48 -
Obr. 26	Šablona pro křížovou zkoušku	- 48 -

Obr. 27 Poškození mřížky na 1. vzorku oceli standard.....	- 48 -
Obr. 28 Poškození mřížky a kříže na 2. vzorku oceli standard.....	- 49 -
Obr. 29 Poškození mřížky a kříže na 3. vzorku oceli standard.....	- 50 -
Obr. 30 Sloupnutý povlak na hliníkovém podkladu u prvního vzorku	- 51 -
Obr. 31 Poškození mřížky na 2. vzorku hliníku.....	- 51 -
Obr. 32 Poškození mřížky na 3. vzorku hliníku.....	- 52 -
Obr. 33 Poškození mřížky a kříže na 1. vzorku zinku.....	- 53 -
Obr. 34 Poškození mřížky a kříže na 2. vzorku zinku.....	- 54 -
Obr. 35 Poškození mřížky a kříže na 3. vzorku zinku.....	- 55 -
Obr. 36 Poškození mřížky a kříže na n.s. na odmaštěném ocelovém podkladu	- 56 -
Obr. 37 Poškození mřížky a kříže na n.s. na odmaštěném hliníkovém podkladu	- 57 -
Obr. 38 Poškození mřížky a kříže na n.s. na odmaštěném zinkovém podkladu	- 58 -

Seznam tabulek

Tabulka 1 Třída velikosti prachových částic	- 27 -
Tabulka 2 Třída velikosti prachových částic	- 30 -
Tabulka 3 Kategorizace velikosti/množství prachových částic ČSN ISO 8502-3	- 39 -
Tabulka 4 Měření drsnosti na hliníku, směr podélný	- 41 -
Tabulka 5 Měření drsnosti na hliníku, směr příčný	- 42 -
Tabulka 6 Měření drsnosti na oceli (standard), směr podélný	- 42 -
Tabulka 7 Měření drsnosti na oceli (standard), směr příčný.....	- 43 -
Tabulka 8 Měření drsnosti na žárovém zinku, směr podélný	- 43 -
Tabulka 9 Měření drsnosti na žárovém zinku, směr příčný	- 44 -
Tabulka 10 Výsledků měření Elcometeru u hliníkových vzorků.....	- 47 -
Tabulka 11 Výsledků měření Elkometeru u ocelových (standard) vzorků.....	- 47 -
Tabulka 12 Výsledků měření Elkometeru u zinkových vzorků.....	- 48 -
Tabulka 13 Výsledky mřížkové zkoušky na ocelovém podkladu 1. vzorku	- 50 -
Tabulka 14 Výsledky mřížkové a křížové zkoušky na ocelovém podkladu 2. vzorku.....	- 51 -
Tabulka 15 Výsledky mřížkové a křížové zkoušky na ocelovém podkladu 3. vzorku.....	- 52 -
Tabulka 16 Výsledky mřížkové zkoušky na hliníkovém podkladu 1. vzorku.....	- 52 -
Tabulka 17 Výsledky mřížkové zkoušky na hliníkovém podkladu 2. vzorku.....	- 53 -
Tabulka 18 Výsledky mřížkové zkoušky na hliníkovém podkladu 3. vzorku.....	- 54 -
Tabulka 19 Výsledky mřížkové a křížové zkoušky na zinkovém podkladu 1. vzorku.....	- 55 -
Tabulka 20 Výsledky mřížkové a křížové zkoušky na zinkovém podkladu 2. vzorku.....	- 56 -
Tabulka 21 Výsledky mřížkové a křížové zkoušky na zinkovém podkladu 3. vzorku.....	- 57 -
Tabulka 22 Výsledky mřížkové a křížové zkoušky na odmaštěném ocelovém povrchu	- 58 -
Tabulka 23 Výsledky mřížkové a křížové zkoušky na odmaštěném hliníkovém povrchu	- 59 -
Tabulka 24 Výsledky mřížkové a křížové zkoušky na odmaštěném zinkovém povrchu	- 60 -
Tabulka 25 Výsledky mřížkových a křížových zkoušek	- 60 -

Seznam grafů

Graf 1	Graf průměrné aritmetické úchylky (R_a) na hliníkovém povrchu	- 42 -
Graf 2	Graf průměrné aritmetické úchylky (R_a) na ocelovém povrchu	- 44 -
Graf 3	Graf průměrné aritmetické úchylky (R_a) na zinkovém povrchu	- 46 -
Graf 4	Graf průměrné suché tloušťky nátěru na hliníkovém povrchu	- 49 -
Graf 5	Graf průměrné suché tloušťky nátěru na ocelovém povrchu	- 50 -
Graf 6	Graf průměrné suché tloušťky nátěru na zinkovém povrchu.....	- 51 -
Graf 7	Výsledky mřížkových a křížových zkoušek u ocelových vzorků	- 64 -
Graf 8	Výsledky mřížkových a křížových zkoušek u hliníkových vzorků	- 65 -
Graf 9	Výsledky mřížkových a křížových zkoušek u zinkových vzorků	- 65 -